

TARTU ÜLIKOOL  
Loodus- ja täppisteaduste valdkond  
Ökoloogia ja maateaduste instituut  
Õppekava: Geoloogia ja keskkonnatehnoloogia

Rasmus Kont  
**Jõhvi raudkvartsiidi keemiline analüüs käsi-XRF-iga**  
Bakalaureusetöö geoloogias (12 EAP)

Juhendajad: Peeter Somelar  
Siim Nirgi

Kaitsmisele lubatud .....  
Juhendaja .....  
*allkiri, kuupäev*

Tartu 2019

## **Jõhvi raudkvartsiidi keemiline analüüs käsi-XRF-iga**

Uurimustöö eesmärk on selgitada, kasutades käsi-XRF-i, Jõhvi aluskorras oleva raudkvartsiidi keemiline koostis. Samuti võrrelda uue Jõhvi-PA2 mõõtmistulemusi varasematega.

Seoses Eesti Geoloogiateenistuse aluskorrauuringutega, puuriti 2019. aasta sügisel ja talvel Jõhvi magnetanomaalia alale kaks uut süvapuuraugu (Jõhvi-PA1 ja Jõhvi-PA2). Magnetanomaaliat põhjustavad raudkvartsiidid on geoloogidele huvi pakkunud juba eelmise sajandi esimesest poolest, kuid nüüdseks on vanadest puursüdamikest tehtud analüüsid iganenud ning suurem osa kivimmaterjalist hävinenud. Magnetanomaalia taas uurimisega loodetakse saada täiendavat infot nii raudkvartsiitse keha mõõtmete kui ka koostise kohta. Antud töö on osa puursüdamike kirjeldamise programmist, mille tulemusi kasutatakse puursüdamiku litoloogilisel kirjeldamisel ja nii mineraloogiliste kui ka geokeemiliste prooviintervallide valikul.

Märksõnad: *Jõhvi magnetanomaalia, raudkvartsiit, puursüdamik, keemiline analüüs*

P420 Petroloogia, mineraloogia, geokeemia

## **Chemical analysis of iron quartzites from the Jõhvi area with the handheld XRF**

The aim of this thesis is to use the handheld XRF to measure the chemical composition of the iron quartzites of the Jõhvi magnetic anomaly and to compare the results from the new drillcore Jõhvi-PA2 with the older ones.

In correlation with the Estonian Geological Survey's research on the crystalline basement of Estonia, two new drillcores (Jõhvi-PA1 and Jõhvi-PA2) were drilled in the magnetic anomaly area of Jõhvi in spring and winter of 2019. The rocks which cause the magnetic anomaly in Jõhvi have been of interest to scientists for a long time. The research carried out on the basis of the older drillcores are outdated and many of the studied rock samples have been completely used for previous analyzes. New research on the magnetic anomaly of Jõhvi hopes to gather further data concerning the composition and measurements of the body of iron quartzites. This work is a part of the drillcore description program, from which gathered results will be used in

the description of the drillcore and the sample selection for mineralogical and geochemical analysis.

Keywords: *Jõhvi magnetic anomaly, iron quartzite, drillcore, chemical analyzes*

P420 Petrology, mineralogy, geochemistry

## Sisukord

Sissejuhatus.....	2
1. Jõhvi magnetanomaalia ajalugu .....	5
2. Jõhvi magnetanomaalia geoloogia .....	8
3. Materjalid ja meetodid .....	10
3.1 Asukoht ja üldandmed.....	10
3.2 Kasutatud seadmed ja meetodid.....	11
3.3 Jõhvi-PA2 kivimiline koostis.....	12
4. Mõõtmistulemused .....	14
4.1 Põhielemendid .....	14
4.2 Jälgelemendid .....	15
5. Arutelu .....	18
5.1 Käsi-XRF-i täpsus.....	18
5.2 Mõõtmistulemuste järelendus ning võrdlus eelmiste töödega .....	19
5.3 Jõhvi raudkvartsiidi kasumlikkus .....	21
Kokkuvõte.....	23
Tänuavaldused.....	25
Kasutatud kirjandus .....	26
Internetiallikad .....	31
Lisad .....	32

## Sissejuhatus

Raudkvartsiit esindab valdavalt moondunud sette kivimeid, mis on tekkinud algselt merelises keskkonnas. Raudkvartsiit on vöödilise ehitusega kivim, kus vahelduvad kvartsiidi kihid ja rauarikaste mineraalide kihid (hematiit, magnetiit, sideriit, püriit jt.). Raua sisaldus on tüüpiliselt üle 15% (Bekker *et al.*, 2010). Kihtide suurused võivad ulatuda mõnest mikromeetrist kuni mõnekümne meetrini. (Katsuta *et al.*, 2012). Kivim pärineb Eelkambriumist ning on tekkinud ajavahemikel 3,8–1,8 ja 0,8–0,6 miljardit aastat tagasi (Klein 2005, Holland 2005). Selliseid vöödilisi rauaformatsioone kutsutakse BIF-ideks (inglise keeles *banded iron formation*). BIF-id on teada kõigilt Eelkambriumi kontinentidelt (Trendall, 2013). BIF-ide tekkemehhanismid pole siiani täiesti selged (Smith, 2015). Suurem konsensus on BIF-dega, mis tekkisid vahemikus 0,8–0,6 Ma tagasi. Nende tekkimist seostatakse Neoproterosoikumis toimunud jäätumistega (Smith, 2015), mille käigus tekkisid anoksilised tingimused maailmameres. Neoproterosoikumist on teada kaks suuremat jäätumist: Sturtian (ca. 715) ja Marinoan (ca. 635), mille käigus oli kogu planeet kaetud jääkattega. Neid sündmusi nimetatakse ka „Lumepallimaa“ sündmusteks. Lisaks toimus Neoproterosoikumi lõpus ka väiksem Gaskiersi (ca. 582) jäätumine, mille kohta arvatakse, et jäätumine polnud nii ulatuslik võrreldes eelnevatega (Pu *et al.*, 2016). Seevastu vanemate BIF-ide (3,8–1,8 Ma tagasi), eriti aga „Suurele Hapnikusündmusele“ eelnenud BIF-ide teke on palju problemaatilisem (Smith, 2015). On vaieldud BIF-ide tekkeks vajaliku lahustunud  $\text{Fe}^{2+}$  päritolu kui ka settimise mehhanismi üle (Holland 2005; Rasmussen *et al.*, 2015). Valdavalt arvatakse, et vanade BIF-ide settimise juures mängisid olulist rolli rauda oksüdeerivad bakterid (Kappler *et al.*, 2005), millele annavad kinnitust ka BIF-idega kaasnevad karbonaatides määratud tugevalt negatiivsed  $\delta^{13}\text{C}$  väärtused (Bekker *et al.*, 2010). Lisaks pole päris selged ka mehhanismid BIF-ide tsüklilise kihilisuse ehituse taga, kuna tänapäeval esiteks ei setti BIF-i laadseid setteid (puuduvad analoogid) ja teiseks ei esine selliste kivimite tekkeks sobivaid tingimusi. Teadlased on siiski ühte meelt, et nende kujunemisel on suurt rolli mänginud sesoonsed tsüklid, tõusumõõna sündmused, päikese tsüklid ning Milankovichi tsüklid. (Katsuta *et al.*, 2012).

Mineraloogiliselt vahelduvad raua mineraalid (hematiit, magnetiit) kvartsi, ränikivimi või karbonaatidega (sideriit). Arhaikumis ja Paleoproterosoikumis moodustunud BIF-ide keemiline koostis on võrdlemisi konstante. Kõrged on ränioksiidi ja raua kontsentratsioonid, mille keskmised massiprotsendid ulatuvad vastavalt kuni 56% ja 40%-ni. Vähem esineb

kaltsiumoksiidi, kuni 9%-ni, ning veel väiksemal määral teisi ühendeid, nagu näiteks magneesium- või alumiiniumoksiide. Neoproterosoikumi BIF-id koosnevad rangelt ainult ränikivimist ja hematiidist ning väga väiksel määral karbonaatidest. (Klein *et al.*, 2005).

BIF-id on settelist päritolu, kuid enamikku neist peetakse hilisemate moondeprotsesside tõttu siiski moondekivimiteks. Varajasemad Neoproterosoikumi BIF-id on läbinud ainult diageneesi või väga madala moondeprotsessi, mistõttu saab neid mõningatel juhtudel veel klassifitseerida settekivimiteks. Kõik vanemad BIF-id on aga läbinud palju ulatuslikumaid metamorfismi faase, mis tähendab seda, et kivimi primaarsed struktuurid on hävinenud ja/või asendunud sekundaarsetega. Sinna hulka kuuluvad protsessid, nagu metamorfsed reaktsioonid, ümberkristalliseerumine ja deformatsioon. (Katsuta *et al.*, 2012).

Tänapäeval pärineb valdav osa raua tootmiseks vajalikust rauamaagist just BIF-idest (Dalstra ja Guedes, 2004). BIF-id on seega väga olulised rauamaagi allikad ja potentsiaalsed tuluallikad. Kõige suurem BIF-ide rauamaagi kaevandus asub hetkel Brasiilias Carajase regioonis. Sealse rauamaagi mahtu hinnatakse olevat 17,8 miljardit tonni, keskmise raua sisaldusega 66,1%. (Klein ja Ladeira, 2002). Song *et al.*, (2019) on väitnud, et maailma raua toodang on olnud tõusutrendis juba 1970-st aastatest saadik, tõustes keskmiselt 2,24% aastas, kuigi viimastel aastatel on produktsiooni tõus olnud väiksem võrreldes eelnevate aastatega. Rauamaagi tarbimine on alates 2000-st aastatest tõusnud suure hooga. Aastal 2000 oli kogu maailma aastane tarbimine 930 miljonit tonni, aastaks 2017 oli see tõusnud 2,05 miljardi tonnini. Tõsi, kõige suuremaid kasvunumbreid ja kasvu kiirust rauamaagi tootmisel on näidanud Okeania ning rauamaagi tarbimisel Aasia. Euroopa on nii produktsiooni kui tarbimist arvestades viimastel aastatel stabiilne või väga väikeste kahanemistega (Song *et al.*, 2019). Lisaks on kasvanud ka raua taaskasutamine. Raua ümbertöötlemine on kasvanud mõnekümnest miljonist tonnist (1870 a.) kuni 611 miljoni tonnini (2015 a.) aastas. Hinnangute kohaselt jõub see number aastaks 2050 üle 1,5 miljardi tonnini aastas. (Oda *et al.*, 2013; Xylia *et al.*, 2017).

BIF-idel esineb sageli ka muid väärtuslikke elemente peale raua, kuid need on tihtipeale väikestes kogustes ning pigem teisejärgulised, sellegipoolest tasub neile tähelepanu pöörata, mida on tehtud ka selles töös.

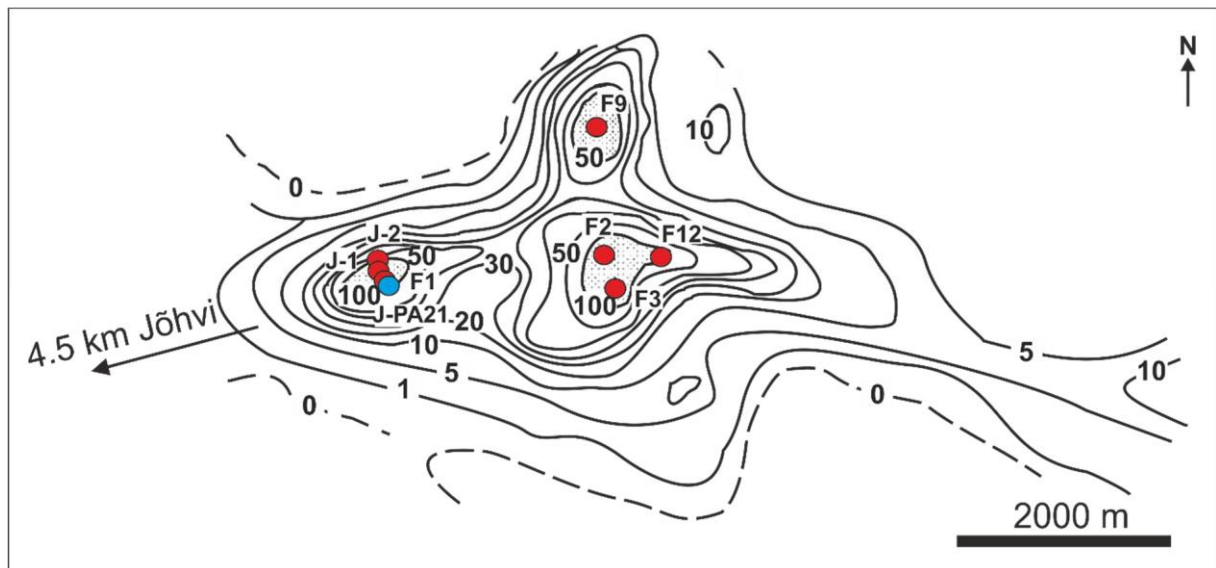
BIF-id pole kasulikud mitte ainult majanduslikult, vaid on mänginud olulist rolli varajase Arhaikumi ja Paleoproterosoikumi maismaa ja ka ookeani protsesside kirjeldamisel (Smith,

2015). BIF-ide abil saab hinnata varajase Maa atmosfääris toimunud muutuseid, iseäranis muutusi hapniku ( $O_2$ ) ja süsinikdioksiidi ( $CO_2$ ) kontsentratsioonides (Klein *et al.*, 2005). BIF- e on kasutatud ka Arhaikumi ja Proterosoikumi ookeanite keemilise koostise, eriti hapnikutasemete, taastamiseks. Erinevate uuringute põhjal olid BIF-ide-eelsed ookeanid täielikult anoksilised, kuni hakkas tekkima vaba hapnikku, mis esialgu jõudis ainult ookeani ülemistesse kihtidesse. Seda kinnitavad BIF-ide uuringud, mis tõid välja, et peale hapniku tõusu atmosfääris hakkasid BIF-id esmalt tekkima pinnalähedastes vetes, millele viitavad ka raudkvartsitide teralise ja oliitsed struktuurid (Klein *et al.*, 2005; Viehmann *et al.*, 2015). Lisaks on BIF-e kasutatud varajase elu kirjeldamiseks (Konhauser *et al.*, 2002; Ohmoto, 2006).

Antud bakalaureusetöö eesmärgiks on 2019. aasta novembris ja detsembris puuritud Jõhvi uue puursüdamiku (Jõhvi-PA2) keemilise koostise määramine käsi-XRF seadmega, lihtsustamaks tulevikus toimuvate uuringute ja analüüside (mineraalne koostis – XRD, WDXRF, ICP keemia ja SEM analüüsid) läbiviimist. Analüüsi tulemuste põhjal üritatakse leida seoseid erinevate elementide ja kivimilise koostise ja sisalduste vahel ning tuua välja oluliste elementide kõrgendatud sisaldusi.

## 1. Jõhvi magnetanomaalia ajalugu

Jõhvi magnetanomaalia avastati 1930-ndate esimesel poolel üle-Eestilise magnetomeetriliste mõõtmiste tulemusel (Linari, 1940; Rõõmusoks, 1983). Avastus oli tehtud toleaege kaitsevæe topograafia osakonna poolt, mille käigus uuriti Eestis olevaid magnetomeerilisi ilminguid militaarotstarbeks. Koos ekspertidega jõuti järeldusele, et tegemist peab olema maapõues oleva kivimkehaga, millel esinevad magnetilised omadused. (Linari, 1940). Nende uuringute käigus avastati 4,5 km Jõhvi linnast ida poole jääv nn. Jõhvi magnetiline anomaalia (nimetuse Jõhvi magnetanomaalia sai subjekt A. Luha järgi alates aastast 1946), mis koosneb kolmest silmaga eristatavast maksimumist (Joonis 1). Anomaaliade väärtused kõiguvad mõnest tuhandest nT-st kuni 15000 nT-ni (Rõõmusoks, 1983; Erisalu *et al.*, 1969).



Joonis 1. Jõhvi magnetanomaalia magnetväli (100-des gammades) koos puursüdamike asukohtadega. (Linari, 1940; Erisalu *et al.*, 1969).

Aastatel 1937–1939 puuriti aktsiaselts Magna eestvedamisel kaks puurauku: J-1 ja J-2 sügavustega 505,03 m ja 721,5 m. Puuraugud rajati anomaalia kõige läänepoolsemasse osasse, kuna seal oli anomaalsust põhjustav kivim mõõtmisandmete järgi maapinnale kõige lähemal ja magnetanomaalia tipp kõige järsem. Magnal puudus tol ajal enda tehnika pehmete settekivimite puurimiseks ning pidid seetõttu kasutama kohaliku puurimisettevõtte abi. Tollased puurimised olid esimesteks Eestis, kus jõuti planeeritult välja kristalliinse aluskorrani. Esimene puurauk lõpetati ennatlikult suurte kulude tõttu, mida ei osatud ette arvestada. Kuna aluskorda puuriti esimest korda, siis tuli paratamatult ette äpardusi ja ettearvamatust, mis lõppkokkuvõttes



suurendasid töömahtu, -aega, -kvaliteeti ja -kulusid. Teiseks puurauguks saadi riigilt laenu, millega tõsteti masina efektiivsust ning õnnestuti seega jõuda palju sügavamale. Lisaks oli selle aja peale projekti töölistel juba tekkinud kogemusi ning suudeti rohkem vigu vältida. Teine puurauk puuriti esimesest puuraugust 60 m põhja poole. Puursüdamikest saadi lõpuks kätte magnetiiti sisaldav kvartsiitne kivim. (Linari, 1940). Uuringud puurimise ja kaardistamise näol jätkusid 60-tel aastatel, kui ENSV otsutas viia läbi Eesti aluskorra uuringuid, pannes esimesena põhirõhku Jõhvi anomaalsele alale, mille laiem eesmärk oli sealse rauamaagi kasutuselevõtt. Aastatel 1961–1965 teostati gravimagnetilisi kaardistamisi ning aeromagnetilisi kaardistamisi mõõdus 1:50 000. Aastatel 1966–1968 puuriti Jõhvi magnetilise anomaalia piirkonda ning seda ümbritsevale alale 23 uut puurauku, millest 16 neist olid puuritud anomaaliaga alale. Enne 2019 aastat on Jõhvi magnetilise anomaalia alale (umbes 20 km<sup>2</sup>) puuritud kokku 18 puurauku, mis avavad aluskorrakivimeid (Suuroja, 1969). Seitsmes puursüdamikus nende 18 puursüdamiku seast on leitud raudkvartsiiti (J-1, J-2, F1, F2, F3, F9, F12). Ainult kahes neist (J-1 ja J-2) on säilinud puursüdamikumaterjal, kuid needki sisaldavad intervale, mis on varajasemate uuringute käigus täies ulatuses ära kasutatud, sealhulgas ka raudkvartsiiti sisaldavad vahemikud. (Puursüdamike andmebaas; Nirgi, 2019).

Välja puuritud Jõhvi puursüdamikud on olnud paljude teadlaste (Linari, 1940; Luha, 1946; Vagapova-Kadõrova, 1948; Vardajants, 1960; Puura ja Kuuspalu, 1966; Erisalu *et al.*, 1969; Suuroja, 1969; Petersell *et al.*, 1985, 1991; Voolma, 2007; Shtokalenko *et al.*, 2009 ja paljud teised) uurimisobjektiks. Enamik varasematest teadlastest (Linari, 1940; Vagapova-Kadõrova, 1948; Vardajants, 1960) olid järeldusel, et raudkvartsiidi puhul on tegemist kivimiga, mis on moodustunud metasomaatiliste skarnistumisprotsesside käigus. Edasised uuringud (Puura ja Kuuspalu, 1966; Suuroja, 1969) ei nõustu nendega ning pakkusid välja, et Jõhvi raudkvartsiidi puhul on tegemist esialgselt settelist päritolu vulkanogeense-setteliste kivimitega.

Viimane põhjalik uuring Jõhvi raudkvartsiidist tehti aastal 1969 (Erisalu *et al.*, 1969), mille raames valmis ka anomaalse ala elemendilist ja petrograafilist ülevaadet andev diplomitöö (Suuroja, 1969). Suuroja, (1969) töö tulenes ENSV soovist 1960-tel hakata põhjalikumalt uurima Eesti aluskorda. Oma töös keskendub ta Jõhvi anomaalse ala elemendilise ja petrograafilise ülevaate andmisele. Lisaks Suurojale, (1969) on Eesti aluskorra keemiliste, mineraloogiliste ja petrograafiliste uuringute käigus kajastatud Jõhvi anomaalset ala ka Kivisilla *et al.*, (1999) ning Koppelmaa, (2002) töödes. Kivisilla *et al.*, (1999) koondatud analüüsitulemuste kataloog põhineb varasemate materjalide (Eesti aluskorra elemendilise

sisalduse) kokku koondamisel, mis ei olnud laiemale üldsusele varem kättesaadav. Jõhvi magnetanomaalse ala raudkvartsiitseid vahemikke on esmakordselt kirjeldanud järgmised tööd: puursüdamikes J-1 ja J-2 Vagapova-Kadõrova, (1948); Puura *et al.*, (1967), puursüdamikes F1, F2, F9 ja F12 Erisalu *et al.*, (1969); Petersell *et al.*, (1982). Koppelmaa, (2002) töö seisnes Eesti kristalse aluskorra 1:400 000 kaardile seletuste ja kirjelduste andmisel (mineraloogia ja petrograafia).

## 2. Jõhvi magnetanomaalia geoloogia

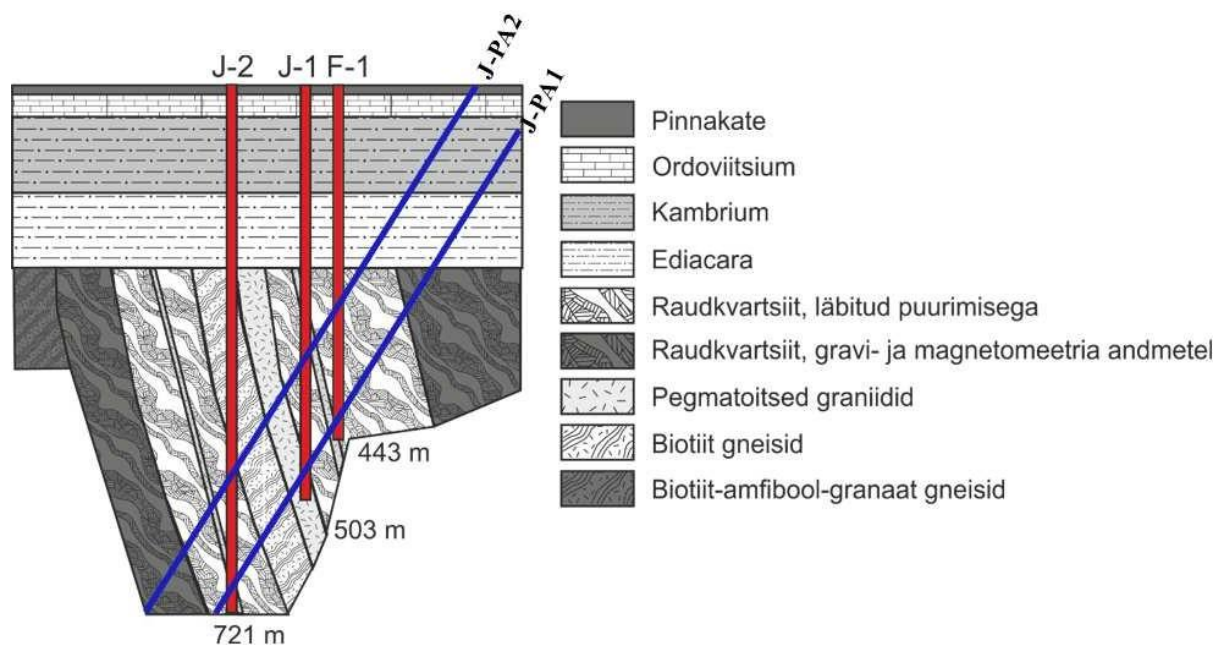
Eesti kristalne aluskord koosneb 1,9–1,7 miljardi vanuselistest Paleoproterosoikumi granuliitse ja amfiboliitse moonde läbinud sette ja vulkaaniistest kivimitest koosnevast Svekofenni kompleksist (Puura ja Huhma, 1993; Kirs *et al.*, 2009) ja neid läbivatest 1,6–1,4 miljardi vanuselistest intrusiivsetest Paleo- ja Mesoproterosoikumi rabakivigraniitidest (Haapala *et al.*, 2005; Kirs *et al.*, 2009). Geoloogiliste ja geofüüsikaliste uuringute põhjal jagatakse Eesti kristalne aluskord kuueks struktuurilis-faatsiaalseks vööndiks: Tallinna, Tapa, Alutaguse, Jõhvi, Lääne-Eesti ja Lõuna-Eesti vöönd. Põhja- ja Kirde-Eestis asuvaid vööndeid iseloomustavad järgmised kivimid: Tallinna vööndis amfiboolid ja amfiboliit-biotiitgneisid, Alutaguse vööndis alumiiniumirikkad gneisid, Tapa vööndis amfiboolid ja biotiit-amfiboliitgneisid ja Jõhvi vööndis pürokseen, granaatgneisid koos raudkvartsiidiga. Lõuna- ja Lääne-Eestit iseloomustavad peamiselt amfiboliidid, biotiit-amfiboliit-pürokseen- ja biotiit-päevakivigneisid (Puura *et al.*, 1983; Soesoo *et al.*, 2020).

Jõhvi vöönd on pindalaliselt kõige väiksem võrreldes ülejäänud viie vööndiga. See on 100 km pikkune ja 20–30 km laiune ala Kirde-Eestis, mida ümbritseb Alutaguse vöönd. Jõhvi vööndi kivimid on läbinud granuliitse moonde, mis koosneb enamasti erinevatest gneissidest. Piirkonnas esineb ka migmatiidistumist, mistõttu võib esineda graniitse koostisega kivimeid. Vööndile on iseloomulikud tugevad magnetilised ja rasukusjõu anomaaliad. Kuna ala katavad ulatuslikud settekivimite lasundid, siis on möödunud uuringud põhinenud puursüdamike ja geofüüsikaliste uuringute andmetel. (Voolma *et al.*, 2010).

Jõhvi magnetanomaalia piirkonnas asub kristalne aluskord umbes 240 m sügavusel. Kristalsetel kivimitel lasuvad Ediacara, Kambriumi ja Ordoviitsiumi settekivimid, mida omakorda katavad mõne meetri paksused kvaternaarisetted. Settekivimite vahemikus esineb kolm veekihti (ülevaalt alla): Kvaternaari ja Ordoviitsiumi karbonaatsete kivimite veekompleks, Ordoviitsium-Kambriumi veekiht ja Kambrium-Vendi veekompleks. Kristalse aluskorra ülemise osa moodustab murenemiskoorik, kus levib ka murenenud raudkvartsiit. Koppelmaa, (2002) on leidnud, et keskmine murenemiskooriku paksus Jõhvi raudkvartsiitidel on 24,3 m, mis on suurem kui Eesti aluskorra kivimitel keskmiselt (Koppelmaa, 2002). Geofüüsikaliste andmete abil on saadud raudkvartsiidi keha oletatavaks keskmiseks paksuseks umbes 350 m. Sealsed aluskorra kivimid on suuremas osas granuliitse faatsiese moondekivimid, milleks on erineva

mineraloogilise koostisega gneisid (biotiit-plagioklass-, amfibool-, granaat-kordieriit-, pürokseen-, kvarts-päevakivi- ja magnetiitgneisid). Jõhvi anomaalia piirkonnas on kvartsi ja magnetiidi vahelduvad kihid võrdlemisi peenikesed, jäädes sentimeetrite suurusjärku. Puurimiste käigus ei ole jõutud Jõhvi magnetanomaaliat põhjustava raudkvartsiidi keha sügavama piirini. (Petersell, 1985). Selleni ei jõutud ka uute puuraukudega. Raudkvartsiidi keskmine tihedus on  $3,47 \text{ g/cm}^3$  ning keskmine magnetiline vastuvõtlikkus  $0,47 \text{ SI}$ , mis on mõlemad kõige suuremad näitajad Eesti aluskorra kivimite seas. (Koppelmaa, 2002).

Jõhvi magnetanomaalia kihilised gneisid on keerulise lasuvusega (Joonis 2). Kõigi kolme anomaalia puhul on tegemist erinevate lasumustingimustega. Läänepoolseima anomaalia kihilised gneisid on subvertikaalsed, kallakusnurgaga  $70\text{--}90^\circ$  lõunasuunas, idapoolseima anomaalia puhul on kihtide kallakus enim varieeruv  $50\text{--}80^\circ$  ilma kindla suunata ning kirdepoolseim anomaalia on idasuunaline, kallakusega  $50\text{--}60^\circ$  vahel. (Shtokalenko *et al.*, 2009). Uue puurangu Jõhvi-PA2 eesmärk oli tabada Jõhvi magnetanomaalia läänepoolseimat raudkvartsiitset keha, mis oli  $70\text{--}90^\circ$  nurga all, võimalikult perpendikulaarselt, et läbida võimalikult maksimaalselt eelnevalt kirjeldatud kivimkihte (Joonis 2). Lõplikku puursüdamiku kallakusnurka ja asimuudi muutust pole veel arvestatud.

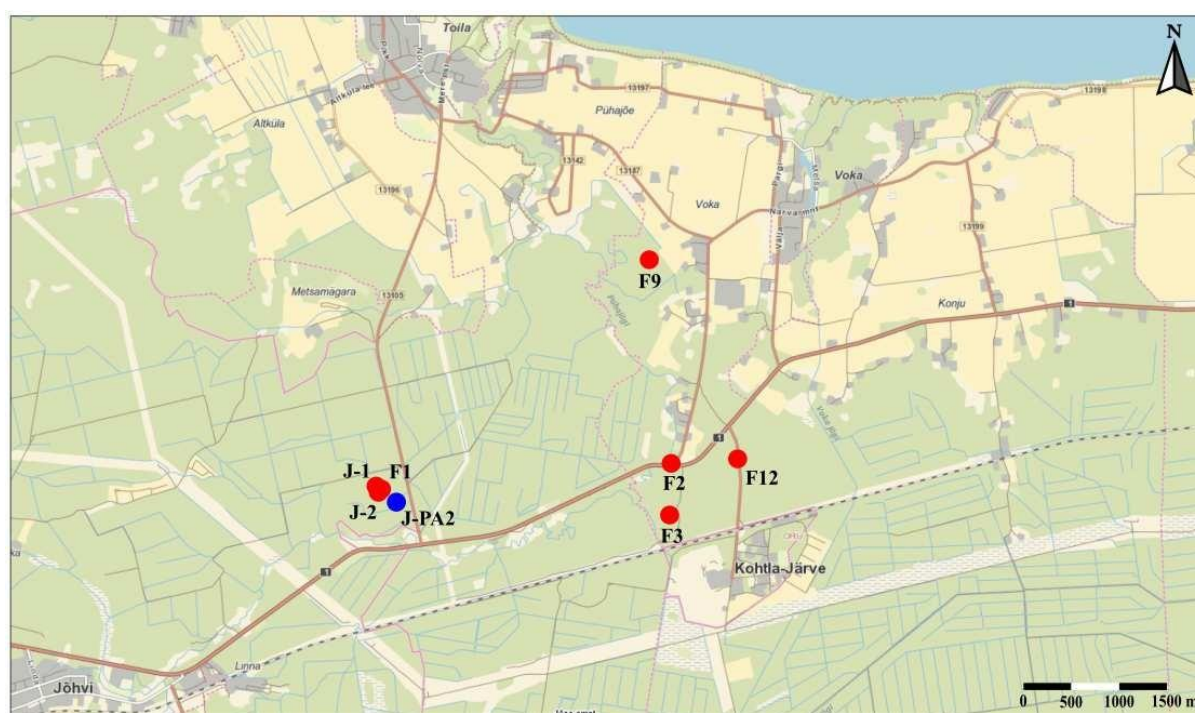


Joonis 2. Jõhvi lääne poolse magnetanomaalia skemaatiline geoloogiline läbilõige koos varajasemate puursüdamikega (Petersell *et al.*, 1985). Siniste joontega märgitud puuraukude Jõhvi-PA1 ja Jõhvi-PA2 planeeritud trajektoorid.

### 3. Materjalid ja meetodid

#### 3.1 Asukoht ja üldandmed

Antud bakalaureusetöö keskendub 2019. aasta novembris ja detsembris puuritud uue Jõhvi puursüdamiku (Jõhvi-PA2) keemilise koostise mõõtmistele käsi XRF-iga. Uus puurauk asub Ida-Virumaal Jõhvi linnast kirde suunas 4,5 km kaugusel koordinaatidel X: 6587461.0, Y: 699143.0. Puuringud teostas OÜ Inseneribüroo STEIGER. EH 2000 kõrgusmudeli alusel on maapinna kõrgus puuraugu asukohas 40,234 m.

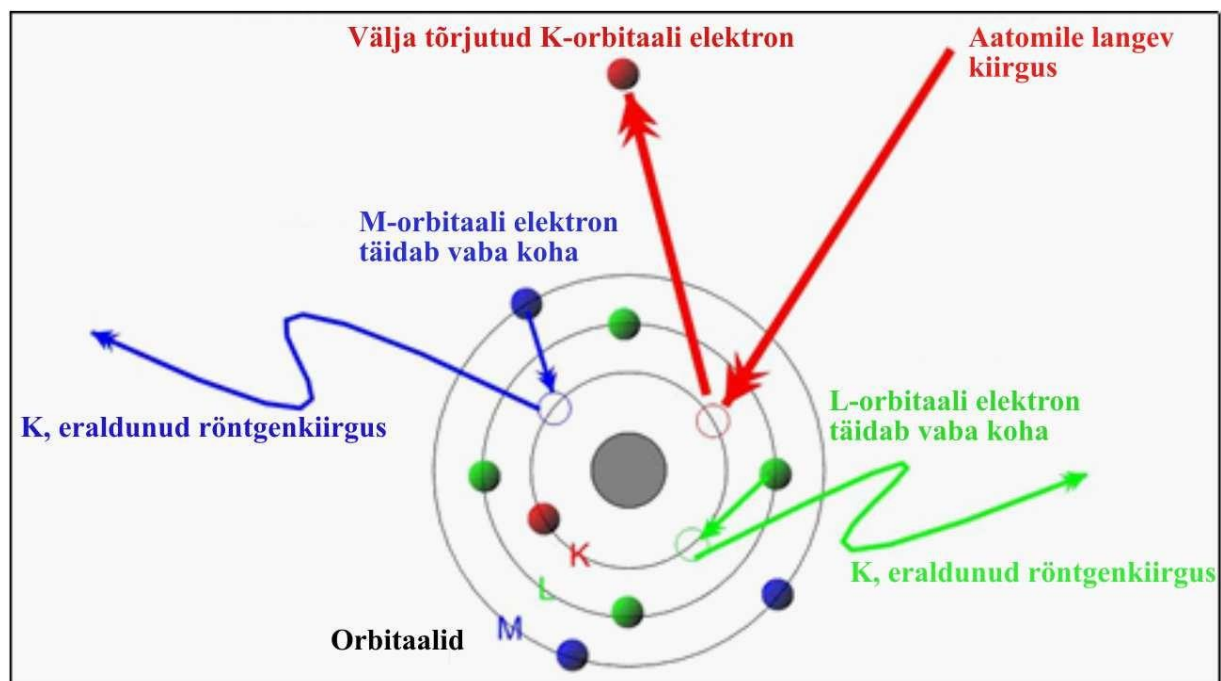


Joonis 3. Asukohaskeem Jõhvi magnetanomaalia puuraukude kohta. Punasega märgitud puuraukud, kust leitud raudkvartsiti. Sinisega märgitud 2019. aasta puurauk Jõhvi-PA2. Aluskaart: Maa-amet.

Puursüdamiku kogusügavus on 770,49 m. Huviorbiidis olev kristalne aluskord algab 287,72 m sügavuselt. Mõõtmised käsi-XRF-iga teostati sügavusvahemikus 287,72–770,49 m. Kogu 482,68 m pikkuse intervalli peale tehti kokku 514 käsi-XRF-i analüüsi.

### 3.2 Kasutatud seadmed ja meetodid

Antud töös on puursüdamiku mõõtmiseks kasutatud XRF (inglise keeles *X-ray fluorescence*) meetodit, mis on mõeldud kivimite ja erinevate materjalide keemilise koostise määramiseks. Selleks ergastatakse proovi röntgenkiirgusega, mille käigus elektronid lahkuvad sisemistest kihtidest. See tekitab aatomis ebastabiilse seisundi ning selle stabiliseerimiseks tühimikud täidetakse kõrgema kihi elektronide poolt, mida tuntakse fluorestsentsi nähtusena. Et tulla kõrgematest orbitaalkihtidest madalamatele, peab elektron loovutama energiat, mis on võrdeline läbitud vahemaaga kõrgematest kihtidest madalamatele. Selle tagajärjel eraldub karakterne kiirgusvoog, mis on igal elemendil erinev ning mille abil saab määrata täpselt, mis elemendiga on tegu, kuna iga elemendi orbitaalidevahelised vahemaad on erinevad.



Joonis 4. Röntgenfluorestsentskiirguse mõju aatomile (<https://www.bruker.com/products/x-ray-diffraction-and-elemental-analysis/handheld-xrf/how-xrf-works.html>).

XRF tüüpe on kaks: EDXRF (*Energy dispersive X-ray fluorescence*) ja WDXRF (*Wavelength dispersive X-ray fluorescence*). Käsi-XRF-id on EDXRF tüüpi, statsionaarseid on olemas mõlemat tüüpi. Kahe tüübi peamine vahe sõltub kvantiteedi ja kvaliteedi suhtes. EDXRF on mõeldud pigem elementide kiireks kvantitatiivseks hindamiseks ning WDXRF on mõeldud täpsemaks analüütiliseks elementide hindamiseks. WDXRF on tundlikum ja tuvastab rohkem

elemente (alates berülliumist) (<https://www.thermofisher.com/blog/metals/laboratory-based-xrf-vs-handheld-xrf-whats-the-difference/>).

Keemilise koostise määramiseks kasutati Brukeri käsi-XRF-i TRACER 5i-d. TRACER 5i on varustatud 20mm<sup>2</sup> ränidiod detektoriga (< 140 eV @ 250000 cps Mn K $\alpha$ ), detektorit kaitseb 8  $\mu$ m berülliumist kile, röntgenkiired tekitab õhuke roodumaknaga röntgentoru (6–50 kV, 4,5–195  $\mu$ A), võimalik valida kahe kollimaatori ava vahel: 3 mm ja 8 mm ja tuvastab elemente magneesiumist uraanini. Mõõtmiste ajal kasutati 8 mm kollimaatori ava ja Geo Exploration seadeid, mis võimaldas mõõtmisi läbi viia kolmes etapis. Kolm mõõtmisetappi kokku võttis aega 50 sekundit. Esimene etapp kestis 20 sekundit ja võimsuse 1,3 kV juures. Mõõdeti järgmisi elemente: K, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Hf, W, Ta, Au, Tl ja Se. Teine etapp kestis samuti 20 sekundit võimsusel 2,5 kV. Mõõdeti järgmisi elemente: As, Se, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Mo, Rh, Pd, Ag, Cd, In, Sn, Sb, Te, Ba, La, Ta, Pt, Au, Hg, Tl, Pb, Bi, Ce, Th, U. Viimane kolmas etapp kestis 10 sekundit võimsuse 3,15 kV juures. Selles etapis mõõdeti järgmisi kergemaid elemente: Mg, K, Ca, Al, Si, P, S, Cl. Etappide kestvused said paika pandud enne mõõtmiste algust, lähtudes sellest, mis hetkest mõõtmistulemuste muutused said tühisteks.

XRF-i mõõtmispunktid märgiti eelnevalt puursüdamike kastidele ja teostati umbes meetrise sammuga. Juhul kui kivimi ilme ja/või koostis muutus ühe meetri sees, tehti mõõtmiseid tihedamalt. Mõõtmispunkti valikul välditi suuremaid kristalle (läbimõõduga üle 1 cm), vältimaks kõrvalekaldeid üldisest intervalli koostisest. Igas punktis teostati ühekordne mõõtmine ning terves puursüdamikus kokku 514 mõõtmist. Enne ja pärast analüüsi teostati kontrollmõõtmised Jaapani Geoloogiateenistuse graniidi standardiga JG-2.

### **3.3 Jõhvi-PA2 kivimiline koostis**

Esialgne Jõhvi-PA2 puursüdamiku kirjeldamine teostati 2020 aasta kevadel Eesti Geoloogiateenistuse poolt. Makroskoopilisel kirjeldamisel jagati kivimid nelja põhirühma: biotiitgneisid (biotiiti rohkem kui granaati), granaatgneisid (granaati rohkem kui biotiiti), raudkvartsiidid (iseloomulik kõrgem magnetiidi ja sulfiidide sisaldus) ning magnetiitgneisid (vähem kvartsi, pigem amfiboliitne gneiss võrrelduna raudkvartsiidiga). Kogu uuritud intervallis esineb migmatiidistumist. Kõige tüüpilisemad mineraalid kogu puuritud intervalli peale on biotiit, pürokseenid, päevakivi, granaat, kvarts ja magnetiit

287,2–443,7 meetri vahemikus domineerivad biotiitgneisid, mis vahelduvad migmatiidistunud intervallidega. Selles vahemikus leidub ka hüpersteeni ja sillimaniiti. Vahemiku lõpus esineb juba üksikuid maagistumise ilminguid (magnetiit ja püriit).

443,7–503,5 meetri vahemikus domineerivad vöödilised raudkvartsiidid, kus esineb rohkem kvartsiitset kui gneisilist kivimit. Leidub ka üksikuid migmatiseerunud vahemikke. Iseloomulik magnetiidi, püriidi ja pürrotiini esinemine.

503,5–552,6 meetri juures vahelduvad biotiitgneisid, granaatgneisid ja migmatiidistunud intervallid. Mineraalidest leidub hüpersteeni, biotiiti, granaati ja kordieriiti. Magnetiiti esineb vähesel määral.

552,6–693,4 meetri vahemikus domineerivad magnetiitgneisiid ning raudkvartsiidid koos iseloomuliku püriidi ja pürrotiiniga, esineb ka biotiitgneisi ja granaatgneisi vahelduvaid kihte. Migmatiidistumine on laialdane antud vahemikus.

693,4–770,49 meetri vahemikus vahelduvad granaatgneisid migmatiidistunud intervallidega. Kuigi kivimi poolest magnetiitgneisse selles vahemiku pole, leidub sellegipoolest antud vahemiku esimeses pooles arvestatavas koguses magnetiiti.



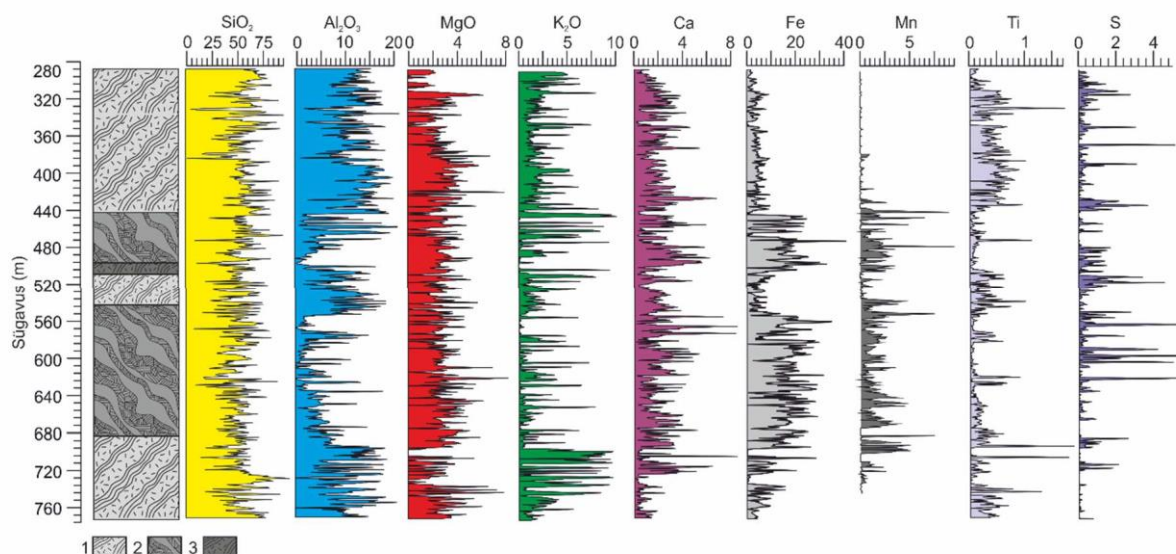
## 4. Mõõtmistulemused

Käsi-XRF mõõtmistulemused on näidatud lisas 1 ja joonistel 5–7. Kogukivimi keemiliste analüüside käigus mõõdeti kokku 47, millest lähemalt kirjeldati ja analüüsiti 19, keemilist elementi ja oksiidi (Lisa 1). Järgnevalt on esitatud andmed proovides esinevate levinumate elementide sisalduste kohta. Lisaks on mainitud olulisemaid jälgelemente.

### 4.1 Põhielemendid

Kogu uuritud intervalli ulatuses jäävad ränidioksiidi ( $\text{SiO}_2$ ) sisaldused valdavalt vahemikku 40–60%. Keskmise ränidioksiidi sisaldus on 54,5%. Maksimaalsed väärtused ulatuvad 94,8%-ni ja minimaalsed 9,21%-ni. (Lisa 1 ja Joonis 5). Alumiiniumoksiidi ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) sisaldused vahelduvad 0-st 20,94%-ni. Üldiselt on sisaldused 10–15% vahel, kuid esineb kaks intervalli, kus sisaldused on oluliselt madalamad, mis ühtivad raua kõrgemate sisaldustega. Nendeks on vahemikud 444–506 m ning 551–700 m, mille keskmine sisaldus on 4,69%. Keskmise sisaldus kogu puursüdamiku kohta on 8,76% (Lisa 1 ja Joonis 5). Magneesiumoksiidi ( $\text{MgO}$ ) sisaldused on sarnaselt  $\text{SiO}_2$  sisaldustega konstantsed kogu läbilõike ulatuses, varieerudes 0-st 8%-ni. Erandiks on läbilõike esimesed 26 m kus  $\text{MgO}$  sisaldused jäävad alla määramispiiri või on alla 5% ja vahemik ~ 718–720 m kus  $\text{MgO}$  sisaldused jäävad alla määramispiiri. Samas on antud intervallile iseloomulikud keskmisest kõrgemad  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ja  $\text{K}_2\text{O}$  sisaldused (Lisa 1 ja Joonis 5). Kaaliumoksiidi ( $\text{K}_2\text{O}$ ) sisaldus varieerub 0–11% vahel. Keskmise sisaldus kogu puursüdamiku kohta on 2,36%. Üldiselt on sisaldused madalad, 1–4% vahel, kuid südamikus esineb intervale (440–484 m ja 692,7–743,5 m), kus sisaldused ulatuvad 11%-ni (Lisa 1 ja Joonis 5). Raua (Fe) sisaldus uuritud intervallis jääb vahemikku 0 kuni 38%. Keskmise sisaldus kogu intervallis on 8,4% (Lisa 1 ja Joonis 5) Kõrgemad raua sisaldused esinevad kahes intervallis: 444–506 m ja 551–700 m. Antud vahemikes on raua sisaldused keskmisest kõrgemad jäädes enamjaolt 10–25% vahele, üksikutel juhtudel ulatudes kuni 38%-ni. Kaltsiumi (Ca) sisaldused varieeruvad 0 ja 8% vahel. Keskmise kaltsiumi sisaldus jääb 1,8 ja 2% vahele. Ca sisaldused on oluliselt madalamad uuritud intervalli alguses (esimesed 26 m) ja lõpus (viimased 50 m), kus sisaldused on valdavalt alla 3% (Lisa 1 ja Joonis 5). Väävli (S) sisaldus puursüdamikus on 0–6% vahel. Keskmiselt sisaldub väävlit puursüdamikus 0,3%. Enamjaolt jäävad väävli sisaldused kogu puuritud vahemikus alla 1%, küündides vaid üksikutes intervallides üle selle väärtuse (Lisa 1 ja Joonis 5). Titaani (Ti) sisaldused jäävad proovis üldiselt 0 ja 0,8% vahele, üksikutel juhtudel

ulatuvad sisaldused 1,7%-ni. Ti sisaldused on kõrgemad esimese 160 m vahemikus, ulatudes valdavalt 0,6–0,8%-ni. Ülejäänud puursüdamiku kohta jäävad sisaldused valdavalt alla 0,3% (Lisa 1 ja Joonis 5). Mangaani (Mn) sisaldused käituvad sarnaselt Fe sisaldustega. Mn sisaldused vahemikes 444–506 m ja 551–700 m on enamjaolt 0,6 kuni 2,5% (keskmiselt 1,44%), ulatudes kohati 7,5–9%. Teistes vahemikes on Mn sisaldus valdavalt 0 või alla määramispiiri. Keskmise sisaldus kogu puursüdamiku peale on 0,83% (Lisa 1 ja Joonis 5).

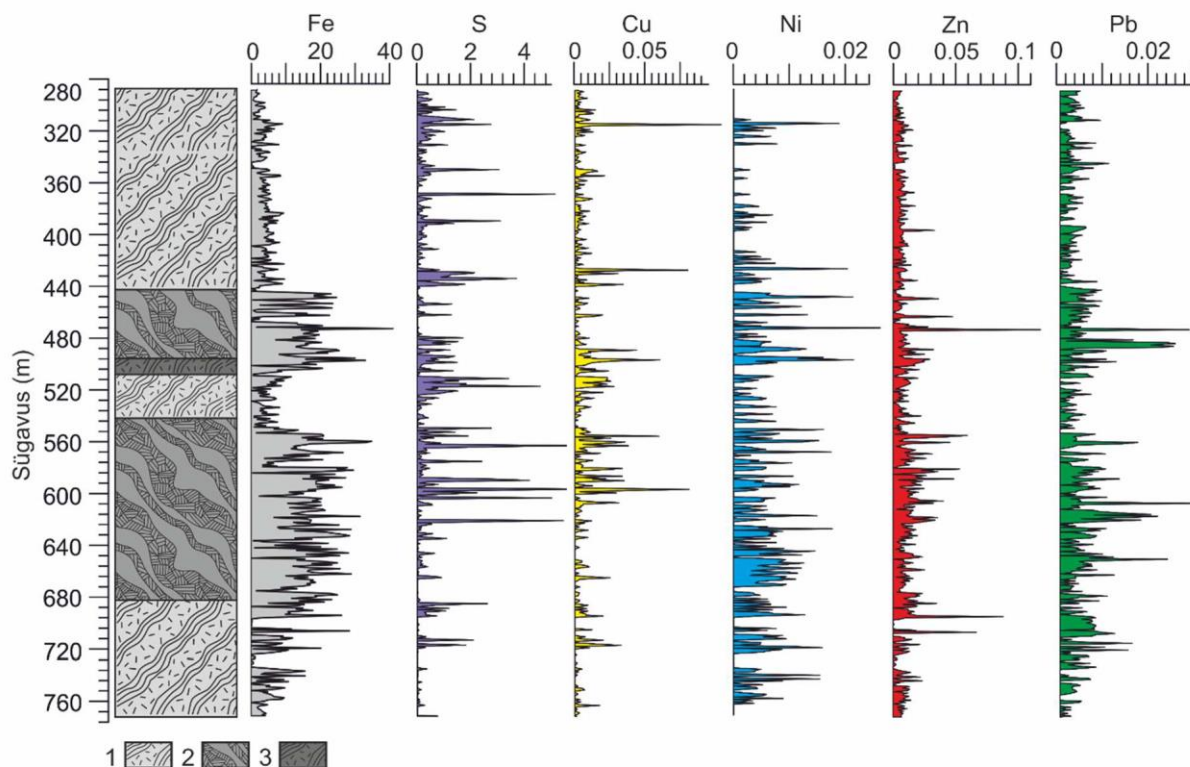


Joonis 5. Käsi-XRF-i põhielementide mõõtmistulemused (wt%-des). 1. biotiitgneiss, 2. raudkvartsit ja magnetiitgneiss, 3. granaatgneiss.

#### 4.2 Jäljelemendid

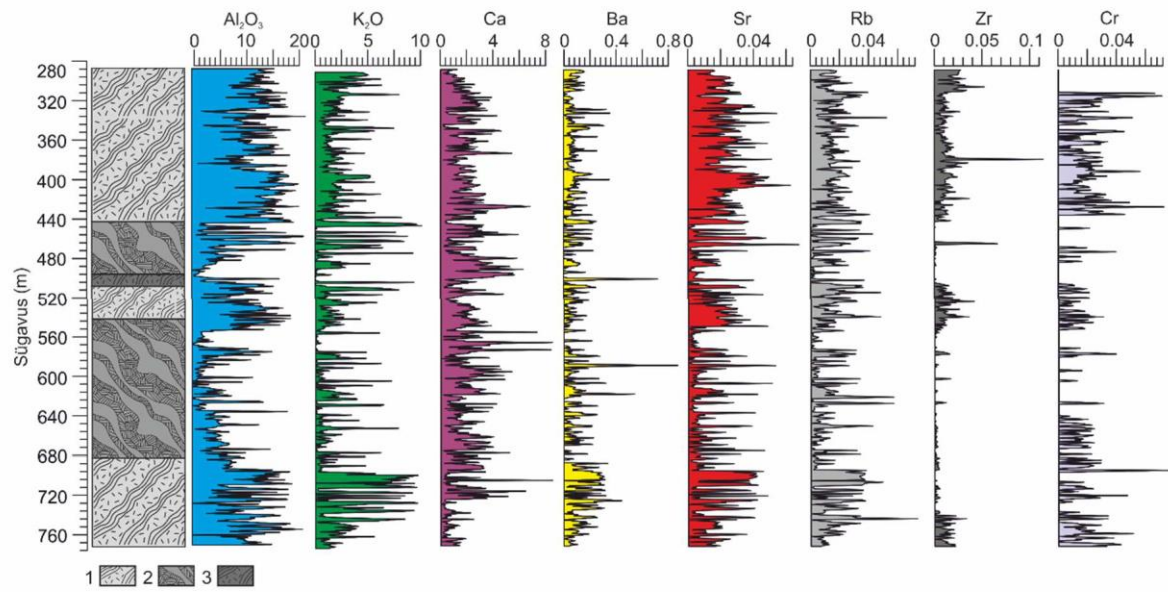
Nikli (Ni) sisaldused puursüdamikus esinevad vahemikus 0–0,0236% (Lisa 1 ja Joonis 6). Keskmise nikli sisaldus puursüdamikus on 0,0024%. Valdavalt on Ni sisaldused määramispiiri lähedal või alla selle. Nikli sisaldused käituvad valdavalt analoogselt raua sisaldustega. Vahemikes 444–506 m ja 551–700 m on näha nikli suuremaid sisaldusi, keskmiselt 0,0039%. Plii (Pb) sisaldused puursüdamikus on vahemikus 0–0,0286% (Lisa 1 ja Joonis 6). Keskmise plii sisaldus terves puursüdamikus on 0,0034%. Üldiselt on plii sisaldused konstantsed, kuid rauarikastes vahemikes tõusevad samuti ka plii sisaldused. Keskmise plii sisaldus rauarikastes kihtides on 0,0049%. Tsingi (Zn) sisaldused puursüdamikus varieeruvad 0-st 0,1098%-ni (Lisa 1 ja Joonis 6). Keskmise tsingi sisaldus puursüdamikus on 0,0092%. Rauarikkamates vahemikes tundub tsingi sisaldus olevat natukene suurem, keskmise sisaldus vahemikes 444–506 m ja 551–700 m on 0,0133%. Vase (Cu) sisaldus puursüdamikus on vahemikus 0–0,0931%

(Lisa 1 ja Joonis 6). Keskmise vase sisaldus terve puursüdamiku kohta on 0,0045%. Vaske esineb enamjaolt alla 0,01%, esinevad üksikud kõrgemaid sisaldusi kajastavad piigid. Ka vaske esineb rauarikastes kihtides rohkem, keskmiselt leidub seal vaske 0,0054%.



Joonis 6. Jälgelemendid Cu, Ni, Zn ja Pb võrrelduna Fe ja S-ga (wt%-des). 1. biotiitgneiss, 2. raudkvartsiit ja magnetiitgneiss, 3. granaatgneiss.

Strontsiumi sisaldused puursüdamikus on vahemikus 0–0,0632% (Lisa 1 ja Joonis 7). Keskmise strontsiumi sisaldus on 0,0157%. Rubiidiumi sisaldused vahelduvad 0-st 0,0683%-ni (Lisa 1 ja Joonis 7). Keskmise rubiidiumi sisaldus puursüdamikus on 0,0124%. Tsirkooniumi sisaldused puursüdamikus varieeruvad 0-st 0,1066%-ni (Lisa 1 ja Joonis 7). Keskmise sisaldus kogu puursüdamikus on 0,0064%. Kroomi sisaldused puursüdamikus on vahemikus 0–0,0715% (Lisa 1 ja Joonis 7). Keskmise kroomi sisaldus puursüdamikus on 0,0082%. Baariumi (Ba) sisaldused puursüdamikus on vahemikus 0–0,7995% (Lisa 1 ja Joonis 7). Keskmise baariumi sisaldus on 0,0769%. Baariumi sisaldused on suhteliselt sarnased kogu südamiku vältel, jäädes enamjaolt alla 0,2%. Esinevad mõned üksikud kõrgemad piigid ning mõneti kõrgem sisaldus alates 710 m juurest kuni südamiku lõpuni.



Joonis 7. Jälgelemendid Ba, Sr, Rb, Zr ja Cr võrrelduna Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>O ja Ca-ga (wt%-des). 1. biotiitgneiss, 2. Raudkvartsiit ja magnetiitgneiss, 3. granaatgneiss.

## 5. Arutelu

### 5.1 Käsi-XRF-i täpsus

Käsi-XRF-il (EDXRF) on madalam mõõtetäpsus võrreldes laboratoorsete WDXRF-idega. Määramispiiri (inglise keeles *limits of detection*) suurus sõltub seadme röntgentoru ja detektori eripäradest, samuti ka analüsaatori mõõtmetest ja mõõdetava proovi koostisest. Parimad tänapäevased käsi-XRF-id suudavad tavamõõtmistel tuvastada elemente magneesiumist uraanini. Käsi-XRF on täpsem keskmiste ja kõrgete aatommassidega elementide puhul (K-Pb ja Th, U). Kergete elementide (Al, Mg, P, Si) analüüsimisega kaasnevad mitmed piirangud, neist kõige olulisem on röntgenkiirguse neeldumine. Röntgenkiirguse neeldumist on tänapäeval püütud parandada paremate (võimsamate) detektorite ja/või heeliumi keskkonnas mõõtmise abil (Lemiere, 2018). Young *et al.*, (2016) näitas kasutades kergete elementide kalibreerimisandmeid, et Al, Mg ja P mõõtmistäpsus on halvem võrreldes raskemate elementidega nagu Ti, Ca ja Zr. Si mõõtmistäpsused jäävad eelpool mainitud elementide vahepeale. (Young, 2016).

Tippklassi Käsi-XRF-i määramispiirid on vahemikus 5–100 mg/kg kaaliumist raskematel ja pliist kergematel elementidel. Määramispiiri mõjutab ka emissioonijoonte kattumine, proovi maatriks, masina röntgenkiire diameetri suurus (väiksem võrreldes WDXRF-iga), madal mõõtmisügavus ning proovist pärinev niiskus (Lemiere, 2018). Käsi-XRF-i mõõtetäpsus oleneb ka mõõtmisajast, sisalduvate elementide kogustest ning masina sätetest. On leitud, et mida pikem on mõõtmisaeg ning mida suurem on mõõdetava elemendi kontsentratsioon proovis, seda täpsemad on lõpptulemused. Mõõtmisaeg on olulisem faktor väga madalate kontsentratsioonide juures. (Block, 2007; Hou *et al.*, 2004; Solo-Gabriele *et al.*, 2004). Lisaks ei saavutata käsi-XRF-i puhul samasugust proovi homogeensust nagu laboratoorsete WDXRF-ide puhul, kus proov vajab eelnevat ettevalmistamist.

Käsi-XRF-i üheks suurimaks eeliseks on just võimalus teostada mõõtmisi ilma, et kahjustatakse proovi ennast. Lisaks on käsi-XRF-i näol tegemist ideaalse mõõteriistaga, mida saab endaga välitöödele kaasa võtta ja mida kasutades on võimalik vähendada oluliselt hilisemate kulukamate analüüsides arvu. EDXRF-ide mõõtmistulemused proovides, kus on tegemist raskemate elementidega (eg. metallide sulamid), on WDXRF-idega võrreldes tegelikult väga

sarnased (Young *et al.*, 2016). Probleeme võib tekkida siis, kui proovis esineb palju kergemaid elemente (Al, Si, S), eriti magneesiumist kergemaid, mida EDXRF masinad ei suuda mõõta.

## 5.2 Mõõtmistulemuste järeldus ning võrdlus eelmiste töödega

Käsi-XRF-iga saadud keemilise analüüsi tulemused võrrelduna Vagapova-Kadõrova, (1948); Puura *et al.*, (1967); Erisalu *et al.*, (1969) ning Petersell *et al.*, (1982) poolt läbiviidud mõõtmistega on mõneti erinevad (Tabel 1). Läänepoolsemal anomaalial olevatest puursüdamikest, kuhu asukoha suhtes läheb ka puursüdamik Jõhvi-PA-2, leidis puursüdamikus J-1 raudkvartsiiti vahemikes 264,1–345 m ning 347–465,5 m, puursüdamikus J-2-s vahemikes 550–605 m ning 692,2–721,5 m ja puursüdamikus F1 vahemikus 264–443 m. Kui vaadata Jõhvi-PA-2 rauarikkamate intervallide keskmiseid sisaldusi (443,7–503,5 m ning 552,6–693,4 m), siis suurimad erinevused esinevad just raua sisaldustes. Käsi-XRF-i mõõdetud keskmised raua sisaldused raudkvartsiite sisaldavates intervallides (Joonis 5 ja Tabel 1) on 3–15% madalamad võrrelduna Vagapova-Kadõrova, (1948); Puura *et al.*, (1967); Erisalu *et al.*, (1969) ning Petersell *et al.*, (1982) andmetega. Ülejäänud elementide sisaldused on sarnasemad või sisuliselt samad (Tabel 1). Erinevused koostises võivad tuleneda rauarikka keha suurest heterogeensusest ning puurimisasukohtade erinevustest. Läänepoolseima anomaalia kõrgemate rauasisaldusetega puursüdamike J-1 ja F1 omavaheline kaugus on 14 m, seevastu uus Jõhvi-PA-2 on neist keskmiselt umbes 222 m kaugusel. Lisaks on oluline asjaolu, et eelnevates töödes kasutati kivimproovide üldkeemilise koostise leidmiseks märgkeemilist analüüsi.

Tabel 1. Vagapova-Kadõrova, (1948) ning Puura *et al.*, (1967) (puursüdamikud J-1 ja J-2); Erisalu *et al.*, (1969) ning Petersell *et al.*, (1982) (puursüdamikud F1, F2, F9 ja F12), koondatud Kivisilla *et al.*, (1999) poolt, Erisalu *et al.*, (1969) (lääne, ida ja kirde), koondatud Shtokalenko *et al.*, (2009) poolt ja antud töös analüüsitud Jõhvi-PA-2 puursüdamiku raudkvartsiitsete vahemike keskmised sisaldused massiprotsentides.

	SiO <sub>2</sub>	Ti	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>total</sub>	Mn	MgO	Ca	K <sub>2</sub> O	P	S
J-1	47,38	0,15	3,99	28,29	2,11	3,25	3,29	0,40	0,02	0,51
J-2	50,22	0,20	6,70	22,08	2,76	3,51	3,84	0,74	0,05	0,40
F1	44,69	0,10	2,69	30,21	2,19	2,87	2,59	0,52	0,04	0,14
F2	50,26	0,21	8,98	20,21	1,7	3,77	2,63	1,43	0,06	0
F9	39,04	0,18	2,33	24,62	5,89	4,18	5,82	0,3	0,12	0,19

F12	49,8	0,21	10,39	18,29	1,53	3,33	2,62	2,68	0,10	0
Lääne		0,15		24,10	2,76	2,62	2,91		0,08	0,69
Ida		0,36		18,60	1,79	3,88	2,77		0,08	
Kirde		0,30		16,40	1,84	2,28	1,69		0,09	0,32
Jõhvi-PA-2 (443,7–503,5 m)	55,34	0,08	5,98	13,63	1,62	2,79	2,48	1,99	0,03	0,26
Jõhvi-PA-2 (552,6–693,4 m)	50,89	0,12	4,22	15,17	1,35	2,88	2,07	1,28	0,08	0,43
Jõhvi-PA-2 keskmine	53,11	0,10	5,10	14,4	1,48	2,83	2,27	1,64	0,06	0,34

Seevastu on saadud käsi-XRF-i raua mõõtmistulemused rohkem kooskõlas Erisalu *et al.*, (1969) tulemustega, kus raua sisaldused erinevad vähem Vagapova-Kadõrova, (1948); Puura *et al.*, (1967); Erisalu *et al.*, (1969) ning Petersell *et al.*, (1982) omadest (Tabel 1). Lisaks antud bakalaureusetöö raames tehtud mõõtmised kogu kristalse läbilõike raames viitavad sarnaselt Erisalu *et al.*, (1969) ning Luha, (1946) tulemustele, et rauasisaldused Jõhvi magnetanomaalsel alal on muutlikud. Üldiselt on tegemist madalate Fe sisaldustega (alla 20%), kus esinevad üksikud õhukesed rauarikkamad kihid, mille puhas rauasisaldus võib olla kuni 40% (Erisalu *et al.*, 1969; Luha, 1946) (Lisa 1 ja Joonis 5).

Vase (Cu), nikli (Ni), tsingi (Zn) ja plii (Pb) maksimumid ja miinimumid tunduvad hästi kokku minevat väävli (S) sisaldustega, mis viitab sulfiidsete mineraalide olemasolule (Joonis 6). Sisaldused esinevad üksikute kõrgemate piikidena või konstantselt madalate ja/või määramispiirist allpool olevate väärtustena, mis sobituvad üldjuhul hästi ka raua kõrgemate sisaldustega.

Kõrgemad strontsiumi (Sr), rubiidiumi (Rb), tsirkooniumi (Zr), kroomi (Cr) ja baariumi (Ba) sisaldused on seotud biotiitgneisse sisaldavate intervallidega (Joonis 7). Lisaks korreleeruvad nende elementide maksimumid ja miinimumid  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ja  $\text{K}_2\text{O}$  sisalduste muutustega, viidates nende elementide esinemisele savimineraalides, vilkudes ja/või päevakivides. Nende elementide suurenenud sisaldused esinevad vahemikes 287–440 m, 520–570 m ja 720–771 m (Joonis 7).

Varasemad tööd (Luha, 1946; Erisalu *et al.*, 1969) näitavad Jõhvi raudkvartsiidis maakoore keskmistest kõrgemaid Cu ja Zn sisaldusi. Antud töö tulemused näitavad samuti keskmistes Cu ja Zn sisaldustes kõrgemaid sisaldusi võrreldes maakoore keskmistega (Tabel 2). Lisaks Cu ja Zn-le näitavad käsi-XRF-i analüüsid maakoore keskmistest kõrgemaid Pb sisaldusi. Nagu ka varasemate uuringute tulemused näitavad, on Cu, Zn ja Pb seotud sulfiididega. Osaliselt on sulfiididega seotud ka Ni, mis käib lisaks sulfiididele kaasas magnetiidiga (Joonis 6 ja Tabel 2). Lisaks eelnevale on Jõhvi raudkvartsiitsetes vahemikes olulisemalt suuremad väävli (kõrgemad sulfiidsete mineraalide kontsentratsioonid) ning mangaani (erinevate granaatide ja pürokseenide koostises) sisaldused (Tabel 1), mida on näha ka varasemate puursüdamike andmete põhjal (Erisalu *et al.*, 1969). Väävli sisaldused ulatuvad mõningates proovides 6%-ni, millega kaasnevad ka kõrged Cu (0,07%), Zn (0,04%), Pb (0,01%) ja Ni (0,01%) sisaldused. Puursüdamikus Jõhvi-PA2 täheldati sulfiididest püriiti, pürroitiini ning kalkopüriiti, kuid anomaalse ala teistest puursüdamikest on veel leitud ka galeniiti ja sfaleriiti, mis annavad põhjust jätkata uuringuid ka sulfiidse maagistumise selgitamiseks.

Tabel 2. Lääne, ida ja kirde ning Jõhvi-PA2 raudkvartsiidi olulisemate jälgelementide keskmised sisaldused (ppm-ides). Varasemad analüüsid on tehtud poolkvantitatiivsel spektraalanalüüsi meetodil (Erisalu *et al.*, 1969).

	Ni	Cr	Cu	Zn	Pb
Jõhvi-PA-2 (443,7-503,5 m)	39	17	50	114	56
Jõhvi-PA-2 (552,6-693,4 m)	39	51	56	139	47
Jõhvi-PA-2 keskmine	39	34	53	127	51
Lääne	20	17	180	210	8,5
Ida	75	270	28	110	9,8
Kirde	32	410	31	150	8,9
Maakoore keskmine	58	18	47	83	16

### 5.3 Jõhvi raudkvartsiidi kasumlikkus

Varasemate Jõhvi magnetilise anomaalia uuringute tulemused, mis käsitlevad muuhulgas antud anomaalia kasutuselevõttu potentsiaalse rauamaagina, on olnud eitavad. Tuues välja, et majanduslikult ei oleks see otstarbekas ning, et andmeid Jõhvi anomaalse ala kohta on liiga vähe, et saada adekvaatset hinnangut raudkvartsiidi potentsiaalsest tulust. (Suuroja, 1969;



Bradley, 2016; Kanter, 2017). Võrdluseks on toodud teisi rauamaake Põhjamaades, mida kaevandatakse, kuid nende maakide puhul on raua sisaldused kõrgemad, maagi üldised kogused suuremad või maagi kättesaadavus lihtsam võrreldes Jõhvi olukorraga (Bradley, 2016).

Eelnevat kinnitavad ka antud töös kajastuvad andmed. Raua keskmised sisaldused rauarikkamates kihtides (444–506 m ja 551–700 m) on madalad (14,92%). Et üldse jõuda rauarikkamate kihtideni, tuleb esialgu eemaldada 444 m sette- ja moondekivimeid, kuhu hulka jäävad ka kolm veekihti. Lisaks on ebakindel Jõhvi raudkvartsiidi kogus. Petersell *et al.*, (1985) on arvutanud, et Jõhvi anomaalia kuni ühe km sügavusele ulatuva ala raudkvartsiidi oletatav kogus on 1564 miljonit tonni. See on oletus, mille tegelik väärtus võib olla mitukümmend korda väiksem, sest see arv põhineb üksikute uuritud raudkvartsiidi kihtide raua sisaldustest ning võtab arvesse koos anomaaliatega ka anomaalia maksimumide vahelist ala, mille diameetriks kokku on 8 km. See võib olla ekslik, kuna andmetele tuginedes on anomaalset ala kokku ainult 1,11 km<sup>2</sup>. (Petersell *et al.*, 1985). Tuleb siiski tõdeda, et osadel Jõhvi puursüdamike jälgelementidel on märgatavalt kõrgemad sisaldused võrreldes maakoore keskmistega. Näiteks on väävli sisaldused rauarikkamates kihtides kuus korda kõrgemad maakoore keskmisest sisaldusest (0,30%), mangaani sisaldused neliteist korda kõrgemad (1,44%) ja plii sisaldused kolm korda kõrgemad (0,0049%), mis viitavad piirkonnas levivatele sulfiidsetele maagistumisnähtustele.

## Kokkuvõte

Käesolevas töös on uuritud 2019. aastal puuritud Jõhvi puursüdamiku Jõhvi-PA2 keemilist koostist käsi-XRF TRACER 5i-ga. Töö eesmärk oli mõõta puursüdamiku esialgsed keemilise koostise varieerumised edasisteks täpsemateks uuringuteks, kus põhilisem rõhk oli raudkvartsitsetel (magnetiti ja sulfiide sisaldavatel) intervallidel.

Jõhvi-PA2 puursüdamiku näol oli tegemist migmatiidistunud erinevat tüüpi gneisiliste kivimitega. Uuritud puursüdamikus esines kaks intervalli kõrgemate raua sisaldustega. Nendeks kaheks vahemikuks olid sügavused 443,7–503,5 ning 552,6–693,4 meetrit, vastavatavalt keskmiste käsi-XRF-iga mõõdetud raua sisaldustega 13,63% ja 15,17%. Keskmise raua sisaldus kogu uuritud puursüdamiku (287,72–770,49 m) kohta on 8,4%. Raua kõrgete sisalduste vahemikega on seotud kõrgem Mn ja osaliselt ka Ni sisaldus. Fe ja Ni kõrgemad sisaldused on seotud lisaks Cu, Zn ja Pb sulfiididega. Rauavaesematele biotiit- ja granaatgneissidele on sarnaselt päevakividele ja/või savidele iseloomulik kõrgem  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ , Cr, Zr, Rb ja Sr sisaldused. Uurimustulemused võrreldes eelnevate töödega on sarnased. Suuremad erinevused ilmnesevad raua sisaldustes.

Jõhvi raudkvartsiidide uurimist tuleks kindlasti jätkata. Antud töö põhineb käsi-XRF analüüsil, mis annab hea ülevaate järgnevate analüüsides proovimiseks valitavate proovide valimiseks. Usaldusväärsemate keemiliste andmete saamiseks oleks vaja puursüdamikku analüüsida täpsemate meetoditega nagu WDXRF ja ICP. Lisaks oleks oluline määrata mineraalne koostis XRD meetodiga, erinevate Fe sisaldavate mineraalide vahekorra leidmiseks. Laiema geokeemilise, mineraloogilise ja petrofüüsikalise andmestiku põhjal on kindlasti võimalik nii Jõhvi läänepoolse magnetanomaalia kui ka kogu Kirde-Eesti maagistumisilmingute kohta rohkem järeltõlgida teha ning koos maapealsete magnetvälja mõõtmistega ka edasise uuringuid paremini planeerida.

## **Chemical analysis of iron quartzites from the Jõhvi area with the handheld XRF**

The aim of this thesis was to measure the chemical composition of the Jõhvi magnetic anomaly for the upcoming more precise studies, where the main focus is on the intervals consisting mainly of iron quartzite (magnetite and sulphides). The measurements and analysis were conducted on the new drillcore Jõhvi-PA2 with the handheld XRF device TRACER 5i.

The Jõhvi-PA2 drillcore consists of different types of migmatized gneisses. Two intervals of high iron content were observed. Those being 443,7–503,5 and 552,6–693,4 meters, with an average iron content measured with the hXRF of 13,63% and 15,17% respectively. The average iron content throughout the drillcore (287,72–770,49 m) was 8,4%. With the higher content of iron there is also an increase in the contents of Mn and Ni. The higher contents of Fe and Ni are correlated with an increase of Cu, Zn and Pb sulphides. The biotite and garnet gneisses containing less iron have much like feldspars and clay minerals, characteristically higher  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ , Cr, Zr, Rb and Sr contents. Results of this thesis are comparable with previous papers concerning the Jõhvi magnetic anomaly. Some bigger differences did occur in the contents of iron.

Research on the Jõhvi iron quartzites should continue. This thesis is based on analysis with the handheld XRF device, which can be used to get a good overview for the sample selection for future studies. In order to get more reliable data, it would be necessary to conduct research with more precise equipment like the WDXRF and ICP. Furthermore, it would be important to determine the mineral composition of the drillcore with the XRD method, to find the proportions between minerals that contain Fe. With a wider range of geochemical, mineralogical and petrophysical data, it would be possible to make additional and more accurate analyzes on the western magnetic anomaly area of Jõhvi and about the ore rocks in Northeast Estonia. In addition, future research could be planned better through aboveground measuring of the magnetic field in the Jõhvi area.

## **Tänuavaldused**

Töö autor soovib ennekõige tänada Peeter Somelari ning Siim Nirgit, kes toetasid töö valmimist pea igas etapis. Lisaks lähevad tänuavaldused Rauno Torbile ning Lennart Maalale, kes aitasid Arbaveres kärni kaste tõsta. Lõpetuseks veel tänusõnad Riho Mõtlepale, kes aitas käsi-XRF-i seadistada, juhendas masinaga toimetamisel ning rääkis ohutusest.

## Kasutatud kirjandus

Bekker, A., Slack, J., Planavsky, N., Krapez, B., Hofmann, A., Konhauser, K., Rouxel, O. (2010). Iron Formation: The Sedimentary Product of a Complex Interplay among Mantle, Tectonic, Oceanic, and Biospheric Processes. *Economic Geology*, 105, 467–508.

Block, C. N., Shibata, T., Solo-Gabriele, H. M., Townsend, T. G., (2007). Use of handheld X-ray fluorescence spectrometry units for identification of arsenic in treated wood. *Environmental Pollution*, 148, 627–633.

Bradley, J., (2016). A Review of the Jõhvi magnetite deposit. SE687, 1–12.

Dalstra, H., Guedes, S., (2004). Giant hydrothermal hematite deposits with Mg-Fe metasomatism: A comparison of the Carajás, Hamersley, and other iron ores. *Economic Geology*, 99, 1793–1800.

Erisalu, E., Arvisto, E., Norman, A., Danšenko, V., Koppelmaa, H., Niin, M., Kivisilla, J., (1969). Jõhvi magnetanomaalia piirkonna kristalne vundament (vene keeles). Eesti Geoloogiateenistus, EGF 3032.

Haapala, I., Rämö, O.T., Frindt, S., (2005). Comparison of Proterozoic and Phanerozoic rift-related basaltic-granitic magmatism. *Lithos*, 80, 1–32.

Holland, H. D., (2005). 100th anniversary special paper: Sedimentary mineral deposits and the evolution of Earth's nearsurface environments: *Economic Geology*, 100, 1489–1509.

Hou, X., He, Y., Jones B. T., (2004). Recent advances in portable X-ray fluorescence spectrometry. *Applied Spectroscopy Reviews*, 39, 1–25.

Kanter, S., (2017). Jõhvi rauamaagikaevanduse avamise eelprojekt. Tallinna Tehnikaülikool, Loodusteaduskond, Geoloogia instituut. Magistritöö, 1–68.

Kappler, A., Pasquero, C., Konhauser, K. O., Newman, D. K., (2005). Deposition of banded iron formations by anoxygenic phototrophic Fe(II)-oxidizing bacteria. *Geology*, 33, 865–868.

Katsuta, N., Shimizu, I., Helmstaedt, H., Takano, M., Kawakami, S., Kumazawa, M., (2012). Major element distribution in Archean banded iron formation (BIF): influence of metamorphic differentiation. *Journal of Metamorphic Geology*, 30, 457–472.

Kirs, J., Puura, V., Soesoo, A., Klein, V., Konsa, M., Koppelmaa, H., Niin, M., Urtson, K., (2009). The crystalline basement of Estonia: rock complexes of the Palaeoproterozoic Orosirian and Statherian and Mesoproterozoic Calymmian periods, and regional correlations. *Estonian Journal of Earth Sciences*, 58, 219–228.

Kivisilla, J., Niin, M., Koppelmaa, H., (1999). Catalogue of chemical analyses of major elements in the rocks of the crystalline basement of Estonia. *Eesti Geoloogiakeskus*, 1–94.

Klein, C., Ladeira, E. A., (2002). Petrography and geochemistry of the least altered banded iron-formation of the Archean Carajas formation, northern Brazil. *Economic Geology and the Bulletin of the Society of Economic Geologists*, 97, 643–651.

Klein, C., (2005). Some Precambrian banded iron-formations (BIFs) from around the world: Their age, geologic setting, mineralogy, metamorphism, geo-chemistry, and origin. *The American Mineralogist*, 90, 1473–1499.

Konhauser, K. O., Hamade, T., Raiswell, R., Morris, R. C., Ferris, F. G., Southam, G., Canfield, D. E., (2002). Could bacteria have formed the Precambrian banded iron formations? *Geology*, 30, 1079–1082.

Koppelmaa, H., (2002). Eesti kristalse aluskorra geoloogiline kaart mõõtkava 1:400 000 seletuskiri. *Eesti Geoloogiakeskus*, 1–32.

Lemiere, B., (2018). A Review of pXRF (Field Portable X-ray Fluorescence) Applications for Applied Geochemistry. *Journal of Geochemical Exploration*, 188, 350–363.

Linari, A., (1940). Aruanne sügavpuurimisest Jõhvi lähedal. Tallinna Tehnikaülikooli Toimetused, 15, 1–19.

Luha, A., (1946). Eesti NSV maavarad – Rakendusgeoloogiline kokkuvõtlik ülevaade. Teaduslik Kirjandus, 1–178.

Nirgi, S., (2019). Üldgeoloogilise uurimustöö loa taotlus: Jõhvi-1 magnetanomaalia uuringuruum. Seletuskiri. Eesti Geoloogiateenistus, 1–6.

Oda, J., Akimoto, K., Tomoda, T., (2013). Long-term global availability of steel scrap. Resources, Conservation and Recycling, 81, 81–91.

Ohmoto, H., Watanabe, Y., Yamaguchi, K. E., Naraoka, H., Haruna, M., Kakegawa, T., Hayashi, K., Kato, Y., (2006). Chemical and biological evolution of early Earth: Constraints from banded iron formations. Geological Society of America, 198, 291–331.

Petersell, V., Talpas, A., Põldvere, A., Petersell, E., (1982). Aruanne mustade metallide mineralisatsiooni ja maagi-ilmingute revisjonist Eesti Nsv kristalliinses vundamendis (vene keeles). Eesti Geoloogiateenistus, EGF 3952.

Petersell V., Talpas, A., Põldvere, A., (1985). Aruanne rauamaakide formatsioonide uurimisest (vene keeles). Eesti Geoloogiateenistus, EGF 4159.

Petersell, V., Kivisilla, J., Pukkonen, E., Põldvere, A., Täht, K., (1991). Maagiilmingute ja mineralisatsioonipunktide hindamine Eesti aluspõhjas ja aluskorras (vene keeles). Eesti Geoloogiateenistus, EGF 4523.

Pu, J. P., Bowring, S. A., Ramezani, J., Myrow, P., Raub, T. D., Landing, E. Mills, A., Hodgins, E., Macdonald, F. A., (2016). Dodging snowballs: Geochronology of the Gaskiers glaciation and the first appearance of the Ediacaran biota. Geology, 44, 955–958.

Puura, V., Kuuspalu, T., (1966). Eesti NSV metallogeegiline kaart mõõtkavas 1:500 000. Aruanne III. Maagi-ilmingud Jõhvi ja Uljaste ala kristalliinses vundamendis (vene keeles). Eesti Geoloogiateenistus, EGF 2801.

Puura, V., Koppelmaa, H., Kivisilla, J., Kuuspalu, T., Perens, H., Mosina, V., (1967). Kristalliinse vundamendi uuringutulemused (vene keeles). Eesti Geoloogiateenistus, EGF 2982.

Puura, V., Vaher, R., Klein, V., Koppelmaa, H., Niin, M., Vanamb, V., Kirs, J., (1983). The crystalline basement of Estonian territory (vene keeles). Nauka, 1–208.

Puura, V., Huhma, H., (1993). Palaeoproterozoic age of the East Baltic granulitic crust. Precambrian Research, 64, 289–294.

Rasmussen, B., Krapež, B., Muhling, J.R., (2015). Precipitation of iron silicat nanoparticles in early Precambrian oceans marks Earth's first iron age: Geology, 43, 303–306.

Rõõmusoks, A., (1983). Eesti aluspõhja geoloogia. Valgus, 1–224.

Shtokalenko, M., Bromley-Challenor, M., Petersell, V., All, T., (2009). Seletuskiri Jõhvi uuringuruumi üldgeoloogilise uuringuloa taotluse juurde. Eesti Geoloogiateenistus–Geoforum Skandinavia AB, 1–26.

Smith, A. J. B., (2015). RESEARCH FOCUS: The life and times of banded iron formations. Geology, 43, 1111–1112.

Soesoo, A., Nirgi, S., Plado, J., (2020). The evolution of the estonian Precambrian basement: geological, geophysical and geochemical constraints. Proceedings of The Karelian Research Centre of The Russian Academy of Sciences, 2, 18–33.

Solo-Gabriele, H. M., Townsend, T. G., Hahn, D. W., Moskal, T. M., Hosein, N., Jambeck, J., Jacobi, G., (2004). Evaluation of XRF and LIBS technologies for on-line sorting of CCA-treated wood waste. Waste Management, 24, 413–424.

Song, Y., Nuo, W., Yu, A., (2019). Temporal and spatial evolution of global iron ore supply-demand and trade structure. Resources Policy, Volume 64, 1–12.

Suuroja, K., (1969). Jõhvi magnetiitse maagistumise iseloomust. Tartu Ülikool, Geoloogia kateeder. Diplomitöö, 1–88.



Trendall, A., (2013). Sedimentary rocks: Banded Iron Formations. Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences.

Vagapova-Kadõrova, M., (1948). ENSV eelkambriumi kristalliinsed kivimid ja rauakad kvartsiidid Jõhvi linna süvapuuraukude materjalide alusel (vene keeles). Eesti Geoloogiateenistus, EGF 125.

Vardajants, L. A., (1960). Vene platvormi Eelkambriumi aluskorra geoloogiline kaart mõõtkavas 1:5 000 000. Seletuskiri (vene keeles). Gosgeoltekhizdat.

Viehmann, S., Bau, M., Smith, A. J. B., Beukes, N. J., Dantas, E. L., Bühn, B., (2015). The reliability of ~2.9 Ga old Witwatersrand banded iron formations (South Africa) as archives for Mesoarchean seawater: Evidence from REE and Nd isotope systematics: *Journal of African Earth Sciences*, 111, 322–334.

Voolma, M., (2007). Granaadi, biotiidi, pürokseeni keemilisest koostisest Jõhvi vööndi magnetiitkvartsiitides. Tartu Ülikooli Ökoloogia- ja Maateaduste Instituut, Geoloogia osakond. Bakalaureusetöö, 1–44.

Voolma, M., Soesoo, A., Hade, S., (2010). Geochemistry and P–T conditions of magnetite quartzites from Jõhvi Zone, NE Estonia. *Res Terrae: Nordic Mineralogical Network*, 31, 42–46.

Xylia, M., Silveira, S., Duerinck, J., Meinke-Hubney, F., (2018). Weighing regional scrap availability in global pathways for steel production processes. *Energy Efficiency*, 11, 1135–1159.

Young, K. E., Evans, C. A., Hodges, K. V., Bleacher, J. E., Graff, T. G., (2016). A review of the handheld X-ray fluorescence spectrometer as a tool for field geologic investigations on Earth and in planetary surface exploration. *Applied Geochemistry*, 72, 77–87.

## **Internetiallikad**

Brukeri kodulehekülj XRF meetodi tööpõhimõtte kohta.

<https://www.bruker.com/products/x-ray-diffraction-and-elemental-analysis/handheld-xrf/how-xrf-works.html> (Vaadatud 30.04.2020).

Eesti Geoloogiateenistuse puursüdamike andmebaas.

<https://geoportaal.maaamet.ee/est/Ruumiandmed/Geoloogilised-andmed/Puursudamike-andmebaas-p382.html> (Vaadatud 24.04.2020).

Maa-ameti kaardirakendus.

<https://xgis.maaamet.ee/maps/XGis> (Vaadatud 24.04.2020).

ThermoFisher'i lühiartikkel käsi-XRF-i ja laboratoorse XRF-i erinevustest.

<https://www.thermofisher.com/blog/metals/laboratory-based-xrf-vs-handheld-xrf-whats-the-difference/> (Vaadatud 08.05.2020).

## Lisad

Lisa 1. Käsi-XRF tulemused Jõhvi-PA2 puuraugus. Süg. -sügavus meetrites ja sisaldused wt%.

Süg. (m)	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	Mn	Fe	Ti	P	S	Cr	Ni	Cu	Zn	Pb	Rb	Sr	Zr	Ba
287.7	1.68	15.24	66.87	4.20	1.22	< LOD	1.61	0.14	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.002	0.006	0.004	0.011	0.014	0.026	0.088
288.7	2.11	12.67	57.08	5.17	0.63	< LOD	1.41	0.12	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.006	0.005	0.003	0.017	0.015	0.024	0.131
289.7	2.01	12.34	69.96	5.38	0.50	< LOD	1.23	0.06	< LOD	0.333	< LOD	< LOD	0.001	0.005	0.003	0.016	0.013	0.024	0.148
290.7	2.25	13.67	64.96	5.64	0.64	< LOD	2.23	0.08	< LOD	0.374	< LOD	< LOD	0.004	0.005	0.004	0.015	0.013	0.024	0.129
291.7	1.78	15.22	67.76	5.04	0.21	< LOD	1.51	0.10	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.002	0.004	< LOD	0.007	0.005	0.024	0.048
292.7	1.81	11.91	66.25	2.63	1.03	< LOD	1.56	0.06	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.002	0.003	0.002	0.006	0.013	0.023	0.052
293.7	< LOD	10.75	75.85	3.20	1.20	< LOD	0.72	0.03	< LOD	0.255	< LOD	< LOD	0.008	0.004	0.003	0.007	0.014	0.014	0.041
294.7	< LOD	13.31	68.93	6.90	0.87	< LOD	0.68	0.01	< LOD	0.492	< LOD	< LOD	0.002	0.001	0.003	0.019	0.023	0.016	0.114
295.7	1.51	11.63	70.14	5.07	1.02	< LOD	0.49	< LOD	< LOD	0.404	< LOD	< LOD	< LOD	0.001	0.003	0.017	0.024	0.020	0.101
296.7	< LOD	14.37	70.26	3.97	1.79	< LOD	1.08	0.04	< LOD	0.059	< LOD	< LOD	0.004	0.003	0.004	0.014	0.024	0.031	0.089
297.8	< LOD	9.86	76.72	0.23	1.66	0.16	3.74	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.002	0.004	< LOD	0.000	0.010	0.004	< LOD
298.8	< LOD	12.91	70.95	5.23	0.98	< LOD	1.85	0.12	< LOD	0.335	< LOD	< LOD	0.003	0.002	0.004	0.019	0.021	0.017	0.099
299.8	< LOD	11.03	59.94	0.50	1.76	< LOD	1.16	0.05	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.001	0.002	0.002	0.021	0.024	< LOD
300.8	< LOD	15.20	62.11	7.03	0.93	0.01	3.67	0.33	0.028	0.930	< LOD	< LOD	0.003	0.007	0.005	0.027	0.026	0.025	0.148
301.8	1.61	8.96	53.14	4.45	0.43	0.14	3.83	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.002	0.003	0.019	0.019	0.004	0.103
302.8	1.63	16.05	58.77	1.41	2.51	0.02	2.49	0.13	< LOD	1.294	< LOD	< LOD	0.013	0.005	0.002	0.007	0.026	0.030	< LOD
303.8	1.73	9.83	59.76	3.43	0.95	< LOD	1.86	0.07	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.004	0.003	0.013	0.025	0.023	0.147
304.8	2.17	6.86	80.23	0.87	1.04	0.02	2.24	0.25	< LOD	0.490	< LOD	< LOD	0.011	0.008	< LOD	0.004	0.011	0.049	0.046
305.7	< LOD	12.58	79.10	0.92	2.31	< LOD	0.50	< LOD	< LOD	0.296	< LOD	< LOD	0.012	0.002	0.002	0.005	0.016	0.023	< LOD
306.35	1.35	7.56	50.07	2.49	1.51	0.02	1.03	0.06	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.003	0.006	< LOD	0.011	0.011	0.021	0.048
307.35	< LOD	7.44	58.25	1.85	1.03	< LOD	0.62	0.01	< LOD	0.127	< LOD	< LOD	0.003	0.001	0.004	0.009	0.017	0.018	0.085
308.35	< LOD	13.02	59.79	3.48	1.66	0.01	2.48	0.21	< LOD	0.706	< LOD	< LOD	< LOD	0.009	0.005	0.015	0.024	0.032	0.144
309.32	< LOD	14.61	66.75	3.72	2.16	0.01	1.58	0.15	< LOD	1.175	< LOD	< LOD	0.005	0.003	0.003	0.010	0.022	0.029	0.061
310.35	< LOD	14.79	54.86	8.85	0.91	0.01	0.56	< LOD	< LOD	1.901	< LOD	< LOD	0.010	< LOD	0.008	0.037	0.030	0.010	< LOD
311.35	2.20	12.04	54.85	2.84	2.94	0.07	5.05	0.50	0.041	0.856	0.062	0.003	0.004	0.008	< LOD	0.021	0.010	0.013	< LOD
312.15	3.19	17.58	54.71	2.73	2.54	0.03	3.03	0.45	0.026	0.488	0.013	< LOD	< LOD	0.008	0.001	0.014	0.030	0.005	0.026
313.15	4.40	8.39	32.95	2.30	2.03	0.03	3.59	0.43	0.059	0.149	< LOD	< LOD	0.004	0.004	< LOD	0.033	0.009	0.008	< LOD
314.15	5.66	11.57	53.92	2.71	1.56	0.18	8.43	0.45	0.040	2.467	0.067	0.017	0.093	0.012	< LOD	0.023	0.005	0.003	< LOD
315	6.07	10.97	48.99	3.07	1.69	0.07	6.19	0.46	0.078	0.472	0.047	0.006	0.011	0.011	< LOD	0.032	0.008	0.008	0.042

Süg. (m)	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	Mn	Fe	Ti	P	S	Cr	Ni	Cu	Zn	Pb	Rb	Sr	Zr	Ba
315.85	3.42	16.31	61.06	2.89	3.76	0.02	4.40	0.50	0.049	0.229	0.028	< LOD	0.005	0.007	< LOD	0.021	0.021	0.011	0.054
316.85	3.12	6.39	27.49	1.32	1.52	0.01	3.58	0.24	0.039	0.117	0.024	0.003	< LOD	0.006	< LOD	0.020	0.023	0.009	0.067
317.9	3.45	13.18	51.38	2.63	2.02	0.02	6.22	0.51	0.054	0.263	0.028	0.007	0.010	0.015	0.002	0.021	0.020	0.011	0.056
318.7	< LOD	17.33	70.55	0.64	3.62	0.03	1.60	< LOD	< LOD	0.670	< LOD	< LOD	0.001	0.004	0.002	0.002	0.022	< LOD	< LOD
319.7	3.56	12.54	52.96	2.97	2.21	0.02	5.53	0.68	0.080	0.915	0.026	0.005	0.012	0.009	< LOD	0.020	0.018	0.011	0.039
320.5	2.70	16.28	64.17	2.45	2.72	0.02	3.57	0.61	< LOD	0.137	0.028	< LOD	0.002	0.007	0.002	0.014	0.022	0.015	0.027
321.5	2.31	10.52	86.23	0.92	1.65	< LOD	0.90	0.08	< LOD	0.254	< LOD	< LOD	0.001	0.002	0.001	0.005	0.011	0.002	< LOD
322.5	3.85	14.24	52.99	2.35	3.07	< LOD	3.97	0.48	0.065	0.604	0.023	< LOD	0.007	0.006	0.002	0.021	0.019	0.009	0.060
323.5	2.90	12.37	46.28	1.92	2.61	< LOD	3.54	0.40	0.045	0.261	0.021	0.003	< LOD	0.006	0.002	0.017	0.037	0.010	0.070
324.3	3.85	17.34	62.75	2.61	2.95	< LOD	4.11	0.62	0.035	0.301	0.027	0.006	< LOD	0.008	0.003	0.018	0.031	0.012	0.074
325.3	1.81	14.14	63.20	1.84	2.73	< LOD	2.93	0.50	< LOD	0.451	0.019	< LOD	< LOD	0.006	0.002	0.012	0.038	0.008	0.044
326.4	3.97	17.68	64.70	3.84	0.43	< LOD	3.55	0.28	< LOD	0.344	< LOD	< LOD	< LOD	0.008	0.002	0.011	0.008	0.014	0.080
327	1.84	16.54	62.65	0.97	3.29	< LOD	0.96	0.13	0.035	0.075	< LOD	< LOD	< LOD	0.002	0.001	0.004	0.030	0.007	0.018
328	< LOD	10.92	72.14	5.74	0.42	< LOD	0.27	< LOD	< LOD	0.127	< LOD	< LOD	< LOD	0.001	0.007	0.021	0.027	0.011	0.300
329	2.34	7.26	62.26	1.47	3.45	0.10	3.47	0.19	0.032	0.033	0.008	< LOD	< LOD	0.002	< LOD	0.007	0.003	0.005	0.019
330	3.26	11.80	29.44	2.33	2.07	0.07	7.41	1.54	< LOD	1.017	0.032	0.007	0.007	0.014	0.003	0.023	0.029	0.025	0.047
330.7	< LOD	1.84	12.36	0.90	0.39	0.10	2.11	0.64	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.004	0.002	0.012	0.021	0.016	0.067
331.7	< LOD	4.16	19.68	3.15	0.51	< LOD	0.07	0.37	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.002	0.007	0.026	0.051	< LOD	0.326
332.7	< LOD	8.39	67.31	1.55	0.64	< LOD	0.04	0.27	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.003	0.001	0.005	0.022	0.006	0.026
333.7	1.70	14.29	75.75	0.62	2.12	0.19	2.75	0.08	< LOD	0.303	0.015	< LOD	0.003	0.004	0.002	0.004	0.012	0.005	< LOD
334.6	1.78	12.21	73.65	0.88	4.16	0.03	1.01	0.10	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.002	0.002	0.005	0.018	0.018	0.019
335.3	2.56	10.08	44.69	1.47	1.91	0.02	4.35	0.44	< LOD	0.309	0.026	< LOD	0.007	0.010	< LOD	0.017	0.025	0.011	0.031
336.1	4.34	20.94	48.01	5.55	1.34	0.02	5.06	0.71	0.070	0.254	0.048	< LOD	0.005	0.009	0.002	0.049	0.013	0.013	0.146
337.1	< LOD	5.73	90.46	0.47	1.22	< LOD	1.46	0.04	< LOD	0.034	0.030	< LOD	0.002	0.003	0.001	0.005	0.011	0.002	0.020
338.1	2.30	13.67	62.17	1.43	2.95	< LOD	2.54	0.34	0.037	< LOD	0.012	< LOD	< LOD	0.004	0.003	0.013	0.029	0.010	0.058
339.2	2.19	7.99	55.37	0.98	1.98	< LOD	2.00	0.25	0.020	0.053	0.012	< LOD	0.002	0.005	0.002	0.010	0.023	0.011	0.034
339.9	2.86	7.75	41.93	0.73	1.26	0.09	4.30	0.18	0.033	0.162	< LOD	< LOD	0.002	0.011	< LOD	0.013	0.013	0.008	0.065
340.9	1.65	9.11	29.82	1.06	2.38	< LOD	3.70	0.32	0.029	0.071	< LOD	< LOD	0.001	0.008	0.004	0.016	0.046	0.012	0.080
341.55	2.12	9.42	37.12	0.99	2.68	< LOD	3.59	0.32	0.049	< LOD	0.017	< LOD	< LOD	0.008	0.003	0.013	0.035	0.007	0.066
342.55	2.27	12.55	56.16	1.49	2.51	0.01	2.89	0.37	0.040	0.277	0.018	< LOD	0.004	0.009	< LOD	0.014	0.017	0.010	0.032
343.55	1.90	9.57	53.74	6.02	0.19	< LOD	0.43	< LOD	< LOD	0.067	< LOD	< LOD	0.002	0.001	0.010	0.027	0.016	0.005	0.255
344.55	< LOD	13.69	67.78	8.31	0.30	< LOD	0.07	< LOD	< LOD	0.052	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.007	0.031	0.033	< LOD	0.285

Süg. (m)	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	Mn	Fe	Ti	P	S	Cr	Ni	Cu	Zn	Pb	Rb	Sr	Zr	Ba
345.15	< LOD	2.20	84.23	0.88	0.21	< LOD	0.20	< LOD	< LOD	0.262	< LOD	< LOD	< LOD	0.001	< LOD	0.003	0.002	0.004	0.027
346.15	1.52	3.85	73.12	2.05	0.45	< LOD	0.22	< LOD	< LOD	0.581	< LOD	< LOD	< LOD	0.001	0.003	0.010	0.011	0.013	0.162
347.15	< LOD	15.79	64.40	6.24	1.35	< LOD	0.75	< LOD	0.082	0.159	< LOD	< LOD	0.002	0.001	0.007	0.023	0.027	0.006	0.186
348.15	< LOD	8.46	76.75	5.13	0.29	< LOD	0.06	< LOD	< LOD	0.129	< LOD	< LOD	0.001	0.001	0.004	0.020	0.019	< LOD	0.163
349	3.17	14.19	52.15	1.78	3.93	< LOD	4.28	0.45	0.060	2.731	0.033	< LOD	0.011	0.008	0.003	0.014	0.029	0.010	0.054
350	2.74	18.18	44.00	2.37	4.49	0.01	5.02	0.60	0.126	0.761	0.042	0.003	0.015	0.009	0.003	0.022	0.030	0.010	0.096
350.95	2.50	13.35	62.74	1.61	2.73	0.01	3.38	0.47	0.072	0.201	0.032	< LOD	0.008	0.006	0.002	0.011	0.021	0.010	0.055
351.95	1.50	5.32	87.27	0.81	1.31	< LOD	1.54	0.20	< LOD	0.434	< LOD	< LOD	0.006	0.002	< LOD	0.004	0.006	0.002	0.026
352.95	2.47	14.85	66.63	1.64	3.76	< LOD	3.02	0.41	0.078	0.442	0.025	< LOD	0.004	0.006	< LOD	0.013	0.021	0.007	0.045
353.6	2.21	10.12	41.38	1.12	1.68	0.25	7.80	0.35	0.041	0.321	0.014	< LOD	0.019	0.006	0.004	0.011	0.018	0.008	0.050
354.55	3.05	9.05	66.81	1.24	0.68	0.16	7.82	0.18	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.011	< LOD	0.007	0.002	0.006	< LOD
355.55	1.90	15.24	60.33	5.92	1.19	< LOD	2.39	0.37	< LOD	< LOD	0.014	< LOD	0.002	0.005	0.006	0.024	0.031	0.011	0.238
356.55	< LOD	9.12	48.33	1.08	1.38	< LOD	2.55	0.18	< LOD	0.308	< LOD	0.002	0.003	0.003	0.003	0.011	0.024	0.007	0.051
357.4	2.63	15.65	60.85	1.81	2.62	0.01	3.99	0.51	0.042	0.211	0.014	< LOD	0.008	0.009	0.002	0.013	0.028	0.013	0.058
358.4	2.50	9.40	42.96	1.39	2.47	< LOD	2.96	0.39	0.050	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.007	0.003	0.015	0.036	0.011	0.072
359.4	2.01	5.58	32.64	0.93	1.83	< LOD	3.27	0.21	0.023	0.031	0.009	< LOD	< LOD	0.006	< LOD	0.015	0.027	0.006	0.082
360.4	2.02	11.10	57.04	1.27	3.50	0.01	4.39	0.32	0.042	0.068	0.032	< LOD	0.006	0.008	< LOD	0.011	0.028	0.011	0.065
361.4	2.61	8.57	44.41	1.43	2.27	0.12	5.03	0.40	0.037	0.160	0.023	< LOD	0.002	0.008	< LOD	0.014	0.017	0.008	0.059
362.1	2.16	10.78	45.67	1.29	2.40	0.01	2.92	0.34	0.027	< LOD	0.027	< LOD	< LOD	0.006	0.003	0.013	0.045	0.018	0.076
363.1	2.47	9.60	29.90	1.68	1.63	0.01	4.01	0.50	< LOD	0.026	0.027	< LOD	0.004	0.006	0.003	0.017	0.023	0.014	0.058
364.1	1.49	10.42	48.79	0.76	2.09	< LOD	2.05	0.27	< LOD	< LOD	0.009	< LOD	< LOD	0.004	< LOD	0.008	0.021	0.011	0.024
365.1	3.87	16.05	73.02	3.67	0.45	0.02	4.80	0.31	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.008	< LOD	0.015	0.012	0.013	0.079
366.1	2.22	14.38	53.85	1.29	2.71	0.01	2.89	0.33	< LOD	< LOD	0.008	< LOD	< LOD	0.016	< LOD	0.008	0.038	0.019	0.043
367.1	3.46	15.15	62.71	0.99	0.58	0.01	3.93	0.19	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.007	< LOD	0.007	0.006	0.012	0.042
368	< LOD	11.76	43.54	3.24	2.56	0.02	5.18	0.42	0.029	4.613	0.015	< LOD	0.005	0.010	0.003	0.019	0.018	0.016	0.145
368.9	3.18	16.82	59.65	1.72	2.15	0.03	4.40	0.43	0.040	0.078	0.016	0.003	< LOD	0.007	0.002	0.012	0.023	0.016	0.043
369.85	1.67	9.45	46.45	5.21	0.33	< LOD	1.77	0.20	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.003	0.005	0.025	0.028	0.010	0.234
370.7	2.68	9.57	43.98	1.14	2.21	0.01	3.05	0.28	0.053	0.249	0.016	< LOD	0.006	0.004	0.003	0.010	0.021	0.013	0.047
371.45	2.91	14.99	50.38	2.51	3.13	0.01	4.50	0.52	0.079	0.477	0.027	< LOD	0.011	0.010	0.002	0.022	0.022	0.007	0.081
372.45	3.18	15.26	54.75	1.92	5.27	0.03	5.46	0.54	0.102	0.218	0.015	< LOD	0.007	0.004	0.002	0.013	0.025	0.010	0.043
373.45	2.07	14.55	66.47	1.67	2.63	0.06	3.71	0.42	0.083	0.094	< LOD	< LOD	< LOD	0.005	0.003	0.008	0.026	0.010	0.043
374.4	1.95	10.49	49.00	2.75	1.56	< LOD	2.12	0.35	< LOD	< LOD	0.009	< LOD	< LOD	0.006	0.005	0.014	0.030	0.011	0.103

Süg. (m)	MgO	Al2O3	SiO2	K2O	Ca	Mn	Fe	Ti	P	S	Cr	Ni	Cu	Zn	Pb	Rb	Sr	Zr	Ba
375.4	4.82	18.09	44.09	2.97	1.09	0.01	4.31	0.64	0.085	< LOD	0.022	< LOD	< LOD	0.006	< LOD	0.014	0.023	0.020	0.059
376.4	1.84	6.37	59.65	2.35	0.94	0.01	3.87	0.27	< LOD	0.095	0.029	< LOD	0.004	0.017	0.001	0.016	0.011	0.011	0.088
377.35	4.08	9.54	62.45	1.95	1.92	0.04	3.88	0.65	< LOD	0.140	0.017	0.003	0.002	0.005	< LOD	0.013	0.010	0.033	0.031
378.3	1.59	8.76	24.57	0.80	1.96	0.03	4.57	0.05	< LOD	0.443	0.014	0.004	0.004	0.005	0.004	0.011	0.048	0.107	< LOD
379.3	1.65	4.24	21.68	2.44	0.20	0.01	3.51	0.07	< LOD	< LOD	0.010	< LOD	0.003	0.006	0.003	0.022	0.018	0.010	0.126
380.3	6.61	11.33	43.20	4.11	1.39	0.04	4.91	0.67	0.056	0.159	0.028	< LOD	0.004	0.011	< LOD	0.032	0.018	0.006	0.120
380.95	3.08	6.96	51.70	1.74	1.12	0.02	4.80	0.41	< LOD	0.172	0.027	< LOD	0.010	0.006	0.002	0.017	0.018	0.012	0.030
381.95	1.87	7.22	37.96	1.06	1.18	0.07	3.74	0.20	< LOD	< LOD	0.013	< LOD	< LOD	0.005	0.001	0.016	0.018	0.033	0.021
382.95	4.81	10.75	46.87	1.34	0.78	0.85	8.76	0.19	< LOD	0.063	0.021	0.002	0.005	0.009	< LOD	0.011	0.010	0.021	0.033
383.85	2.57	1.13	9.21	0.48	0.52	0.83	7.92	0.07	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.008	< LOD	0.013	0.010	0.022	0.030
384.85	3.41	13.99	62.48	2.08	2.06	0.62	7.67	0.39	< LOD	0.335	0.029	0.006	0.007	0.005	< LOD	0.012	0.023	0.012	0.033
385.85	3.09	17.57	56.74	2.70	2.54	0.07	2.97	0.30	< LOD	0.188	0.012	< LOD	0.004	0.004	0.003	0.013	0.033	0.027	0.055
386.6	5.24	15.42	52.68	3.83	1.88	0.03	5.76	0.91	< LOD	0.116	0.022	0.003	0.002	0.011	0.003	0.027	0.025	0.015	0.073
387.6	3.34	8.80	78.71	1.24	1.40	0.02	2.15	0.24	0.025	0.249	0.020	< LOD	0.005	0.003	< LOD	0.007	0.014	0.008	0.029
388.6	3.22	7.30	65.96	0.80	1.46	0.39	7.23	0.14	< LOD	2.785	0.023	< LOD	0.002	0.004	< LOD	0.004	0.004	0.003	< LOD
389.6	5.32	11.75	58.45	2.93	2.24	0.07	4.53	0.51	< LOD	< LOD	0.018	< LOD	0.002	0.009	< LOD	0.020	0.025	0.011	0.064
390.5	5.74	9.39	50.64	2.14	2.65	0.11	6.87	0.44	0.049	1.226	0.053	0.005	0.009	0.008	< LOD	0.020	0.021	0.007	0.080
391.5	5.00	11.58	69.81	2.51	2.44	0.02	3.50	0.40	< LOD	0.287	0.021	< LOD	0.002	0.006	< LOD	0.017	0.016	0.007	0.064
392.5	3.79	16.94	55.13	5.84	1.34	0.01	4.40	0.62	< LOD	0.318	0.020	< LOD	0.002	0.006	0.005	0.021	0.036	0.015	0.138
393.4	2.86	15.89	57.20	5.76	1.36	< LOD	3.21	0.48	< LOD	0.131	0.023	< LOD	0.001	0.005	0.005	0.023	0.040	0.018	0.204
394.4	2.86	14.25	51.21	5.83	1.00	0.02	4.14	0.45	< LOD	0.206	0.012	0.003	0.002	0.006	0.005	0.023	0.036	0.017	0.170
395.2	3.29	17.40	49.63	5.42	1.36	0.02	4.70	0.70	< LOD	0.174	0.031	< LOD	0.004	0.031	0.004	0.025	0.030	0.018	0.118
396.2	3.75	17.86	50.48	3.39	2.28	0.01	4.42	0.80	< LOD	0.151	0.012	0.003	< LOD	0.007	0.003	0.018	0.046	0.023	0.071
397.2	3.97	17.90	57.96	2.54	2.67	0.02	3.89	0.69	0.081	0.060	0.014	< LOD	0.002	0.008	0.002	0.015	0.045	0.013	0.076
398.2	4.41	13.99	53.71	2.20	1.49	0.32	6.09	0.52	0.044	0.217	0.024	< LOD	0.001	0.007	< LOD	0.012	0.028	0.013	0.071
399.05	2.20	14.82	61.84	6.26	0.85	0.21	5.97	0.38	0.063	0.048	0.017	< LOD	< LOD	0.007	0.005	0.019	0.041	0.010	0.323
399.95	2.86	16.79	56.33	2.03	2.36	0.10	4.59	0.46	0.044	0.300	0.010	< LOD	< LOD	0.005	0.003	0.010	0.043	0.010	0.064
400.95	2.68	14.19	66.44	1.76	2.07	0.10	4.53	0.33	0.066	0.298	0.015	< LOD	< LOD	0.007	0.003	0.013	0.033	0.011	0.100
401.85	4.12	15.91	58.40	2.17	2.28	0.05	3.44	0.50	0.032	0.121	0.010	< LOD	0.002	0.006	0.003	0.010	0.038	0.010	0.078
402.75	3.44	12.67	56.84	2.04	1.63	0.10	4.24	0.40	< LOD	0.146	0.013	< LOD	0.007	0.007	0.002	0.010	0.030	0.011	0.073
403.75	3.78	16.66	44.95	2.78	2.20	0.17	6.03	0.60	0.055	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.009	0.002	0.017	0.040	0.015	0.113
404.6	2.60	19.64	56.80	2.20	2.92	0.11	3.94	0.41	0.036	< LOD	0.011	< LOD	0.001	0.005	0.003	0.007	0.058	< LOD	0.048

Süg. (m)	MgO	Al2O3	SiO2	K2O	Ca	Mn	Fe	Ti	P	S	Cr	Ni	Cu	Zn	Pb	Rb	Sr	Zr	Ba
405.6	3.58	18.88	49.12	2.71	2.71	0.22	7.62	0.67	0.060	< LOD	0.019	< LOD	< LOD	0.011	0.002	0.016	0.039	0.015	0.091
406.6	4.33	15.74	50.47	2.99	2.37	0.10	5.38	0.69	0.056	0.333	0.020	< LOD	0.005	0.010	< LOD	0.021	0.035	0.018	0.059
407.37	4.81	15.45	56.59	3.97	1.91	0.04	5.08	0.73	0.074	0.125	0.012	< LOD	0.003	0.012	0.003	0.025	0.031	0.015	0.105
408.4	1.44	8.02	86.41	0.63	1.40	< LOD	0.13	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.001	0.014	0.003	< LOD
409.4	3.92	14.39	53.10	2.51	2.30	0.03	3.18	0.57	< LOD	0.194	0.021	< LOD	0.009	0.006	0.002	0.014	0.028	0.013	0.042
410.38	3.86	13.39	53.54	1.48	1.58	0.03	3.96	0.37	< LOD	0.714	0.012	< LOD	0.002	0.007	< LOD	0.011	0.017	0.012	0.030
411.3	3.76	19.15	53.90	6.90	0.89	0.02	4.21	0.64	< LOD	< LOD	0.013	< LOD	0.002	0.004	0.004	0.027	0.025	0.021	0.147
412.3	4.18	16.83	66.56	3.14	1.01	< LOD	2.84	0.26	< LOD	< LOD	0.010	< LOD	< LOD	0.005	0.003	0.016	0.021	0.012	0.165
413.45	3.08	15.39	60.41	1.51	3.30	0.21	6.80	0.36	0.090	0.142	0.030	0.004	0.011	0.009	< LOD	0.013	0.021	0.008	0.063
414.1	2.86	17.26	61.62	2.26	3.32	< LOD	3.59	0.56	0.037	0.150	0.030	< LOD	0.005	0.007	0.002	0.011	0.020	0.010	0.037
415.1	3.34	16.84	63.22	2.01	3.16	0.01	3.62	0.44	0.099	< LOD	0.022	< LOD	< LOD	0.007	0.002	0.013	0.024	0.012	0.033
416.1	3.26	14.21	61.76	1.87	2.85	0.11	4.77	0.44	0.086	< LOD	0.017	< LOD	< LOD	0.007	< LOD	0.011	0.020	0.009	0.055
417	4.21	11.77	54.26	3.00	1.70	0.05	4.57	0.63	< LOD	0.244	0.029	0.004	0.004	0.010	< LOD	0.021	0.011	0.006	0.023
418	< LOD	12.71	79.94	5.38	0.71	< LOD	0.10	< LOD	< LOD	0.080	< LOD	< LOD	< LOD	0.001	0.004	0.017	0.018	0.034	0.154
419	7.77	13.12	61.46	2.97	2.74	0.08	5.39	0.51	0.055	0.021	0.029	0.006	0.002	0.010	< LOD	0.021	0.014	0.009	0.073
419.9	1.86	15.34	65.59	1.99	3.21	0.05	4.43	0.44	0.063	0.026	0.034	< LOD	< LOD	0.009	0.002	0.016	0.025	0.009	0.074
420.9	< LOD	16.58	76.98	1.09	2.89	< LOD	0.10	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.001	0.002	0.004	0.020	< LOD	< LOD
422.1	4.69	13.65	52.80	2.50	1.37	1.09	8.89	0.42	0.029	0.109	0.046	0.007	0.005	0.014	0.002	0.018	0.011	0.006	0.022
422.9	< LOD	15.94	58.24	0.35	3.16	< LOD	0.17	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.001	0.002	0.001	0.030	< LOD	< LOD
423.5	1.50	8.55	80.27	3.61	0.48	< LOD	0.10	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.002	0.010	0.011	< LOD	0.067
424.5	3.23	15.54	54.61	2.31	2.55	0.04	3.17	0.44	< LOD	< LOD	0.024	< LOD	< LOD	0.008	0.002	0.017	0.022	0.018	0.024
425.2	4.32	15.42	57.80	2.00	4.32	0.05	3.21	0.40	0.056	0.109	0.017	< LOD	0.003	0.009	< LOD	0.021	0.031	0.011	0.165
426.4	4.38	13.31	39.86	0.72	6.60	0.15	7.19	0.52	0.121	0.743	0.068	0.018	0.072	0.011	< LOD	0.004	0.021	0.007	< LOD
427.4	3.50	19.75	57.73	2.43	5.09	0.04	4.37	0.57	0.097	< LOD	0.023	< LOD	< LOD	0.006	0.002	0.025	0.031	0.010	0.083
428.35	1.62	9.48	57.28	0.26	4.52	0.06	1.72	0.32	0.058	1.919	0.013	< LOD	0.006	0.003	< LOD	< LOD	0.012	0.006	< LOD
429.1	1.97	2.58	82.90	0.20	1.00	0.05	2.21	0.01	0.022	1.857	< LOD	< LOD	0.028	0.006	< LOD	< LOD	0.000	< LOD	< LOD
430.1	3.49	14.21	53.86	6.31	1.57	0.02	3.69	0.40	0.024	1.119	0.016	0.002	< LOD	0.005	0.003	0.029	0.022	0.013	0.127
431.1	4.08	15.38	55.80	2.90	3.50	0.02	3.77	0.47	0.041	1.059	0.029	0.003	0.002	0.006	< LOD	0.017	0.027	0.010	0.064
432	3.22	13.30	63.28	2.20	2.44	0.01	2.81	0.45	0.038	0.793	0.020	< LOD	0.001	0.005	< LOD	0.010	0.024	0.012	0.056
433	2.74	12.31	53.76	2.18	3.39	0.04	4.55	0.45	< LOD	3.324	0.028	< LOD	< LOD	0.008	0.002	0.017	0.027	0.012	0.066
434	5.49	15.03	39.33	4.49	2.28	0.75	8.98	0.85	< LOD	2.116	0.043	0.006	0.008	0.018	0.002	0.038	0.015	0.014	0.055
434.85	< LOD	16.62	60.03	9.14	0.35	0.01	0.73	0.02	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.002	0.008	0.032	0.033	< LOD	0.202

Süg. (m)	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	Mn	Fe	Ti	P	S	Cr	Ni	Cu	Zn	Pb	Rb	Sr	Zr	Ba
435.85	2.50	9.89	74.19	1.44	1.27	0.48	4.96	0.27	< LOD	0.550	< LOD	0.005	0.006	0.006	0.002	0.009	0.011	0.003	< LOD
436.6	2.65	12.68	59.01	0.67	2.48	0.93	6.32	0.33	0.032	0.769	< LOD	0.005	< LOD	0.007	< LOD	0.005	0.014	0.010	0.031
437.45	3.12	6.30	68.63	0.16	2.44	2.61	8.44	0.12	0.052	1.593	< LOD	0.003	0.031	0.008	< LOD	0.002	0.001	0.005	< LOD
438.15	1.94	6.69	78.70	0.71	0.85	0.80	5.50	0.13	0.036	1.293	< LOD	< LOD	0.019	0.007	< LOD	0.005	0.002	0.003	0.019
439.15	3.15	16.89	69.98	1.72	2.64	0.04	2.20	0.22	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.001	0.004	0.002	0.011	0.022	0.004	0.018
440.4	2.16	14.23	65.76	7.78	0.50	0.03	2.24	0.24	< LOD	0.083	< LOD	< LOD	< LOD	0.009	0.004	0.026	0.023	0.016	0.149
441.4	< LOD	18.27	62.88	10.68	0.34	< LOD	0.11	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.008	0.033	0.034	< LOD	0.230
442.4	1.78	16.92	61.28	9.39	0.48	0.01	1.27	0.09	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.002	0.002	0.006	0.030	0.032	< LOD	0.187
443.3	< LOD	18.79	65.80	11.28	0.38	< LOD	0.14	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.001	0.007	0.032	0.031	< LOD	0.205
444.3	2.03	1.63	79.76	0.13	1.07	0.48	13.26	0.03	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.003	0.002	0.002	0.001	< LOD	< LOD
445.3	4.45	2.35	59.45	0.08	3.16	1.22	21.46	0.08	0.032	< LOD	< LOD	0.006	< LOD	0.006	0.007	0.002	0.003	< LOD	< LOD
446.2	3.94	1.49	49.60	0.19	1.81	1.34	16.84	0.05	0.033	0.051	< LOD	0.005	< LOD	0.003	0.004	0.004	0.004	< LOD	0.066
447.1	2.81	4.10	57.13	< LOD	3.07	3.45	16.85	0.08	0.054	0.035	< LOD	0.006	< LOD	0.014	0.004	0.001	0.001	0.001	< LOD
448.1	3.20	10.71	27.76	0.02	2.41	8.54	22.93	0.15	< LOD	0.200	0.020	0.019	0.009	0.034	0.005	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD
449.1	3.23	2.83	59.01	0.04	2.73	3.07	16.04	0.02	0.046	< LOD	< LOD	0.005	< LOD	0.007	0.004	< LOD	0.002	< LOD	< LOD
450	< LOD	13.67	52.03	8.49	0.50	0.01	0.39	< LOD	0.218	0.111	< LOD	< LOD	0.002	< LOD	0.008	0.031	0.032	< LOD	0.205
451	2.98	2.01	48.19	0.02	3.04	1.97	13.59	0.03	< LOD	0.193	< LOD	0.003	< LOD	0.005	< LOD	< LOD	0.003	< LOD	< LOD
451.9	2.61	1.13	59.90	0.04	2.62	1.43	15.30	0.03	0.028	0.196	< LOD	0.005	0.008	0.011	< LOD	0.001	0.004	< LOD	< LOD
452.85	2.80	2.14	49.20	0.02	4.23	1.82	21.93	0.04	< LOD	1.156	< LOD	0.007	0.006	0.004	0.007	0.001	0.008	< LOD	< LOD
453.85	2.92	17.35	56.73	9.74	0.43	0.08	2.34	0.24	0.060	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.007	0.008	0.040	0.033	< LOD	0.199
454.8	4.71	3.21	59.67	0.08	5.75	2.73	11.10	0.03	0.032	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.006	< LOD	< LOD	0.005	< LOD	0.028
455.5	3.61	1.88	50.06	0.04	3.90	6.20	18.80	0.04	< LOD	0.060	< LOD	0.011	0.003	0.006	0.005	< LOD	0.004	< LOD	0.071
456.3	3.46	0.81	64.37	0.06	2.10	1.59	21.77	0.07	< LOD	< LOD	< LOD	0.007	0.003	0.005	0.006	0.002	0.003	< LOD	< LOD
457.35	1.76	20.62	63.67	1.19	3.22	0.07	1.99	0.06	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.004	0.002	0.008	0.039	< LOD	0.016
458.1	1.73	20.55	63.34	8.58	0.54	0.02	0.58	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.006	0.031	0.044	< LOD	0.188
459.2	< LOD	14.53	52.27	9.37	0.47	0.09	1.24	0.02	< LOD	0.246	< LOD	< LOD	< LOD	0.002	0.006	0.029	0.034	< LOD	0.199
460.35	1.67	1.70	64.32	0.16	0.83	0.34	15.02	0.03	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.008	0.002	0.001	0.001	< LOD	< LOD
461.1	2.01	3.65	78.65	0.76	0.35	0.46	11.90	0.10	0.024	1.143	< LOD	< LOD	0.018	0.009	0.002	0.005	0.001	< LOD	< LOD
461.9	3.99	6.81	47.13	0.03	3.11	4.61	21.07	0.05	0.031	0.136	< LOD	0.012	0.014	0.044	0.006	0.001	0.001	< LOD	< LOD
462.95	2.14	15.86	59.55	6.92	1.14	0.06	3.19	0.26	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.001	0.006	0.004	0.022	0.023	0.046	0.124
463.85	< LOD	16.77	71.33	5.85	0.61	< LOD	0.18	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.004	0.026	0.033	0.062	0.139
464.65	4.32	19.12	50.20	2.76	1.77	0.07	2.26	0.23	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.005	0.002	0.019	0.063	< LOD	0.040



Süg. (m)	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	Mn	Fe	Ti	P	S	Cr	Ni	Cu	Zn	Pb	Rb	Sr	Zr	Ba
465.65	< LOD	11.43	70.22	7.14	0.35	< LOD	0.08	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.002	0.001	0.006	0.020	0.020	< LOD	0.132
466.65	1.47	5.06	89.70	2.35	0.26	< LOD	0.11	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.001	0.001	0.002	0.008	0.007	0.002	0.054
467.85	4.08	6.08	58.00	0.37	2.61	2.18	12.41	0.18	0.034	< LOD	0.018	0.005	< LOD	0.012	0.002	0.002	0.001	0.002	< LOD
468.85	2.98	3.04	49.61	0.12	2.51	1.30	12.43	0.09	0.042	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.009	< LOD	0.002	0.001	0.001	< LOD
469.85	4.49	4.17	55.87	0.44	2.48	0.55	19.18	0.16	0.059	< LOD	< LOD	< LOD	0.002	0.026	0.004	0.001	0.002	0.001	< LOD
470.4	2.96	4.34	64.61	0.03	2.68	2.44	14.25	0.10	0.045	< LOD	< LOD	0.004	< LOD	0.011	< LOD	< LOD	0.001	0.001	< LOD
471	2.10	17.29	59.66	10.34	0.39	0.04	1.47	0.13	< LOD	0.055	< LOD	< LOD	< LOD	0.004	0.008	0.038	0.034	< LOD	0.207
472	3.41	10.25	15.82	2.78	0.48	0.97	38.04	1.00	0.098	< LOD	0.037	0.024	< LOD	0.110	0.026	0.030	0.002	< LOD	< LOD
473	2.18	5.29	64.94	0.21	1.49	1.05	13.41	0.16	0.042	< LOD	< LOD	0.004	< LOD	0.005	0.002	0.002	0.006	0.002	< LOD
474.05	2.72	1.61	48.94	0.29	0.61	0.70	17.95	0.11	< LOD	0.027	< LOD	< LOD	0.002	0.006	0.004	0.002	0.001	< LOD	< LOD
475	3.47	4.90	52.43	1.80	2.50	0.49	15.91	0.13	0.034	0.032	< LOD	< LOD	0.003	0.006	0.005	0.014	0.014	0.002	0.084
476	1.60	4.39	71.28	0.40	1.56	0.27	13.96	0.06	0.026	0.143	< LOD	< LOD	0.003	0.011	0.002	0.002	0.004	< LOD	< LOD
476.85	2.98	8.15	57.61	0.22	2.15	0.83	18.30	0.15	0.046	< LOD	0.014	0.004	< LOD	0.009	0.005	0.002	0.003	< LOD	< LOD
477.85	3.70	9.71	63.91	0.19	3.25	0.79	16.80	0.10	0.047	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.007	0.004	0.001	0.005	< LOD	< LOD
478.85	4.15	4.76	52.88	0.06	5.67	3.08	11.15	0.05	0.359	1.534	< LOD	0.005	0.009	0.009	< LOD	< LOD	0.001	0.001	< LOD
479.75	3.68	5.79	57.16	2.71	3.64	1.38	17.20	0.10	0.049	0.040	< LOD	< LOD	< LOD	0.010	0.015	0.020	0.018	< LOD	0.060
480.75	2.74	2.74	75.28	1.69	0.97	0.71	6.53	0.05	< LOD	0.262	< LOD	< LOD	0.002	0.005	0.001	0.005	0.003	< LOD	0.025
481.75	2.26	9.14	51.06	5.79	2.79	1.82	13.85	0.08	0.028	1.361	0.015	0.002	0.003	0.009	0.022	0.022	0.018	< LOD	0.076
482.7	2.45	3.21	43.25	1.65	2.96	1.88	18.89	0.08	0.037	0.501	< LOD	0.006	0.004	0.012	0.023	0.009	0.008	< LOD	0.065
483.7	2.38	4.67	47.13	2.81	3.84	2.17	14.51	0.06	0.038	1.108	< LOD	0.004	0.007	0.008	0.019	0.016	0.017	0.001	0.116
484.7	2.88	4.44	54.60	2.73	3.36	2.17	15.24	0.07	0.024	< LOD	< LOD	0.005	< LOD	0.008	0.023	0.014	0.016	< LOD	0.116
485.7	2.91	4.41	33.45	3.22	2.54	1.65	12.23	0.04	0.026	< LOD	< LOD	0.004	< LOD	0.004	0.021	0.024	0.019	0.002	0.097
486.2	3.21	3.53	54.10	2.16	2.97	1.21	11.95	0.06	0.050	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.006	0.004	0.010	0.015	< LOD	0.099
487.3	3.31	2.44	40.77	0.04	5.11	9.14	14.64	0.05	0.032	0.046	< LOD	0.009	0.003	0.030	< LOD	< LOD	0.002	< LOD	< LOD
488.25	3.50	2.08	47.10	0.22	4.03	2.52	22.84	0.06	0.044	1.096	< LOD	0.012	0.039	0.007	0.009	0.002	0.004	< LOD	0.027
489.25	2.94	2.26	48.11	0.15	2.90	1.60	23.62	0.05	0.032	0.279	< LOD	0.010	0.009	0.017	0.008	0.002	0.001	< LOD	< LOD
490.25	5.19	3.31	52.72	0.06	6.09	3.34	17.57	0.04	0.035	0.403	< LOD	0.004	0.010	0.010	0.003	< LOD	0.002	< LOD	< LOD
491.05	4.24	1.44	54.25	0.17	2.97	0.93	20.59	0.14	< LOD	< LOD	< LOD	0.004	0.004	0.023	0.005	0.003	< LOD	< LOD	< LOD
492	2.25	< LOD	79.31	0.12	1.13	0.39	7.48	< LOD	< LOD	0.057	< LOD	< LOD	0.003	0.005	< LOD	0.001	0.002	< LOD	0.023
492.95	4.76	2.42	60.02	1.71	3.33	1.02	9.69	0.03	< LOD	1.256	< LOD	< LOD	0.010	0.008	0.002	0.019	0.009	< LOD	0.152
493.95	2.85	1.35	62.02	0.05	5.36	2.72	13.17	0.01	< LOD	1.072	< LOD	0.003	0.006	0.008	0.002	< LOD	0.004	< LOD	< LOD
494.85	2.80	1.36	39.56	0.05	5.01	1.99	27.91	0.12	0.045	0.453	< LOD	0.014	0.016	0.027	0.009	0.003	0.005	< LOD	< LOD

Süg. (m)	MgO	Al2O3	SiO2	K2O	Ca	Mn	Fe	Ti	P	S	Cr	Ni	Cu	Zn	Pb	Rb	Sr	Zr	Ba
495.75	2.23	1.15	36.91	0.04	5.47	2.24	14.60	0.04	< LOD	0.709	< LOD	0.010	0.054	0.022	< LOD	< LOD	0.005	< LOD	< LOD
496.75	2.62	0.40	17.27	< LOD	3.91	2.65	30.70	0.09	< LOD	0.290	< LOD	0.019	0.023	0.023	0.011	0.003	0.004	< LOD	< LOD
497.8	2.62	0.44	61.27	0.03	3.94	2.02	15.57	0.06	0.054	1.337	< LOD	0.004	0.011	0.018	< LOD	0.001	0.003	< LOD	< LOD
498.8	2.41	1.96	35.50	0.06	2.98	2.94	13.67	0.05	< LOD	0.257	< LOD	0.007	0.008	0.015	< LOD	0.001	0.003	< LOD	0.027
499.8	3.30	3.15	45.99	0.37	1.85	2.08	17.55	< LOD	< LOD	0.125	< LOD	0.005	0.007	0.016	0.003	0.005	0.011	0.002	0.662
500.8	1.81	16.14	57.86	10.46	0.33	< LOD	0.22	< LOD	< LOD	0.121	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.008	0.034	0.037	< LOD	0.258
501.8	2.30	2.66	66.58	0.09	1.17	0.59	14.08	0.04	< LOD	0.076	< LOD	< LOD	0.003	0.007	0.002	0.001	0.001	< LOD	< LOD
502.8	3.82	1.65	47.81	0.09	2.64	0.32	19.14	0.06	0.037	0.437	< LOD	< LOD	0.013	0.019	0.003	0.001	< LOD	< LOD	< LOD
503.3	3.29	2.22	63.38	0.09	1.51	1.19	17.13	0.05	0.033	< LOD	< LOD	< LOD	0.003	0.011	0.003	0.001	0.001	< LOD	< LOD
504.3	3.41	8.10	66.66	1.02	2.02	2.30	7.07	0.23	0.049	1.199	< LOD	< LOD	0.022	0.008	< LOD	0.013	0.006	0.005	0.040
505.3	3.15	4.36	42.69	1.25	0.51	1.62	8.25	0.25	0.060	0.023	0.009	< LOD	0.004	0.012	< LOD	0.016	0.001	0.010	< LOD
506.3	2.84	13.33	46.51	6.31	0.96	0.05	4.15	0.37	< LOD	0.081	0.011	< LOD	0.002	0.007	0.006	0.033	0.029	0.014	0.159
507.3	1.42	12.20	55.57	7.88	0.41	0.03	0.57	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.001	0.001	0.006	0.029	0.029	< LOD	0.181
508.3	< LOD	15.06	54.72	8.83	0.27	< LOD	0.49	0.03	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.001	0.007	0.034	0.033	0.010	0.227
509.3	4.42	9.55	49.67	1.66	1.57	3.42	10.80	0.54	0.083	0.986	0.018	0.006	0.021	0.019	< LOD	0.014	0.001	0.012	0.043
510.3	2.71	5.13	47.01	0.59	1.45	3.01	9.11	0.15	0.084	3.056	0.012	0.005	0.021	0.008	< LOD	0.010	< LOD	0.003	< LOD
511.3	2.34	11.53	52.39	1.55	3.34	1.80	6.39	0.42	0.068	0.923	< LOD	< LOD	0.020	0.012	< LOD	0.022	0.013	0.012	0.089
512.3	3.54	7.04	56.27	0.99	1.31	3.15	8.85	0.31	0.089	1.385	0.011	0.004	0.023	0.012	< LOD	0.018	< LOD	0.005	< LOD
513.3	5.07	13.27	46.03	7.08	0.60	0.07	5.09	0.57	0.026	0.209	0.020	0.003	0.005	0.013	0.004	0.045	0.024	0.018	0.180
514.3	2.92	10.06	54.42	1.07	3.11	2.44	6.88	0.29	0.049	1.639	< LOD	< LOD	0.021	0.011	< LOD	0.016	0.009	0.007	0.055
515.3	2.32	14.91	52.24	1.30	4.65	0.49	4.33	0.30	0.034	1.428	< LOD	< LOD	0.012	0.009	< LOD	0.019	0.043	0.020	0.071
516.3	< LOD	2.20	25.00	0.20	1.68	2.41	8.10	0.10	< LOD	4.123	< LOD	< LOD	0.025	0.006	< LOD	0.007	0.001	0.005	< LOD
516.8	2.32	9.52	60.27	1.12	1.67	0.40	4.17	0.17	< LOD	0.498	< LOD	< LOD	0.010	0.005	< LOD	0.009	0.018	0.009	0.021
517.8	1.66	6.57	74.54	0.49	1.35	0.02	0.39	< LOD	0.020	0.692	< LOD	< LOD	< LOD	0.002	0.001	0.001	0.008	< LOD	< LOD
518.8	3.10	7.14	30.94	2.68	1.11	0.29	5.26	0.31	< LOD	0.287	0.020	0.004	< LOD	0.011	0.004	0.025	0.026	0.018	0.108
519.8	1.34	1.76	56.67	1.71	0.50	< LOD	0.07	< LOD	< LOD	1.355	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.003	0.010	0.012	< LOD	0.077
520.8	3.27	4.65	76.98	2.33	0.35	0.03	4.22	0.32	< LOD	0.991	< LOD	< LOD	0.018	0.007	< LOD	0.016	0.003	0.024	< LOD
521.8	1.82	11.08	55.09	6.48	0.60	0.04	1.93	0.11	< LOD	0.743	< LOD	< LOD	0.003	0.004	0.006	0.028	0.027	0.016	0.173
522.8	4.30	12.19	49.02	3.75	1.22	0.09	4.96	0.55	< LOD	0.069	0.014	0.003	0.004	0.011	0.002	0.030	0.018	0.039	0.095
523.8	3.54	6.21	62.34	2.44	0.66	0.04	2.34	0.26	< LOD	< LOD	0.009	< LOD	< LOD	0.006	0.001	0.015	0.008	< LOD	0.039
524.3	2.33	10.30	66.46	3.41	1.03	0.23	2.29	0.10	< LOD	0.025	< LOD	< LOD	0.001	0.004	0.003	0.016	0.016	0.021	0.131
525.3	2.75	2.96	30.81	0.41	1.27	1.69	6.21	0.14	0.029	0.716	0.008	0.003	0.012	0.008	< LOD	0.012	0.001	0.004	0.043

Süg. (m)	MgO	Al2O3	SiO2	K2O	Ca	Mn	Fe	Ti	P	S	Cr	Ni	Cu	Zn	Pb	Rb	Sr	Zr	Ba
526.3	2.64	12.60	35.27	0.67	2.18	1.16	6.75	0.07	< LOD	0.282	< LOD	0.005	0.004	0.003	0.002	0.005	0.025	0.016	< LOD
527.3	3.13	7.46	43.39	1.69	1.21	0.71	5.46	0.32	0.032	0.295	0.009	0.005	0.004	0.012	< LOD	0.018	0.010	0.009	0.022
528	< LOD	10.96	63.80	0.53	2.19	< LOD	0.13	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.001	0.002	0.021	< LOD	< LOD
529	1.75	12.87	70.29	0.72	2.45	0.20	1.50	0.05	< LOD	0.033	< LOD	< LOD	0.003	0.002	0.002	0.004	0.021	0.004	0.034
530	1.56	12.49	60.70	2.45	2.10	0.23	2.46	0.22	0.035	0.471	< LOD	< LOD	< LOD	0.004	0.003	0.009	0.028	0.003	0.087
531	1.79	16.72	59.92	1.81	2.87	0.19	2.79	0.35	0.071	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.004	0.002	0.011	0.028	0.024	0.041
532	2.40	14.24	69.30	1.19	2.39	0.52	3.69	0.17	0.050	0.113	0.013	0.003	0.010	0.006	< LOD	0.009	0.017	0.002	< LOD
533	4.22	12.16	35.74	2.19	1.57	1.07	7.64	0.42	0.032	0.136	0.017	0.007	0.006	0.010	< LOD	0.019	0.015	0.013	0.025
533.8	2.00	13.63	55.92	2.96	2.02	0.13	2.43	0.25	0.087	0.087	< LOD	< LOD	0.003	0.004	0.003	0.016	0.028	0.010	0.088
534.6	2.08	7.02	43.31	1.59	1.18	0.21	3.38	0.24	0.027	0.018	< LOD	< LOD	0.003	0.007	0.002	0.016	0.018	0.009	0.054
535.6	2.90	11.39	46.01	0.77	1.90	0.26	2.30	0.08	0.020	< LOD	< LOD	< LOD	0.004	0.004	< LOD	0.007	0.022	0.011	< LOD
536.6	3.75	15.65	38.27	2.96	2.26	0.05	4.27	0.51	< LOD	< LOD	0.020	< LOD	< LOD	0.012	0.003	0.028	0.027	0.021	0.059
537.6	2.10	5.16	28.27	2.02	0.84	0.03	2.88	0.12	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.006	0.005	0.026	0.031	0.013	0.157
538.6	5.58	18.15	42.01	4.74	1.91	0.11	7.40	0.90	< LOD	0.205	0.029	0.006	0.004	0.021	0.003	0.045	0.017	0.033	0.072
539.6	< LOD	6.90	71.85	0.24	1.52	0.16	0.84	< LOD	< LOD	0.205	< LOD	< LOD	0.002	0.001	0.002	0.001	0.016	0.004	< LOD
540.6	1.49	9.03	60.04	0.57	2.15	0.06	0.75	0.04	< LOD	0.369	< LOD	< LOD	< LOD	0.002	0.001	0.003	0.019	0.009	< LOD
541.6	2.06	18.17	52.34	2.59	2.77	0.54	5.13	0.36	0.065	< LOD	0.019	< LOD	< LOD	0.006	0.004	0.015	0.035	0.012	0.132
542.2	2.76	11.48	72.99	1.00	2.11	0.11	1.64	0.12	< LOD	0.053	< LOD	< LOD	0.002	0.005	0.002	0.005	0.020	0.005	0.015
543	2.47	7.79	33.98	1.10	2.35	0.11	3.82	0.23	< LOD	< LOD	0.009	0.003	< LOD	0.010	< LOD	0.014	0.022	0.009	0.058
544.2	5.23	17.04	52.54	2.99	3.43	0.31	7.07	0.66	0.085	< LOD	0.022	0.007	< LOD	0.016	< LOD	0.016	0.031	0.010	0.055
545.2	< LOD	15.35	64.76	1.77	2.85	0.03	1.97	0.25	0.027	0.221	0.008	< LOD	< LOD	0.005	0.002	0.010	0.023	0.010	< LOD
546	< LOD	12.19	70.38	0.68	2.37	0.02	0.99	0.08	0.021	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.002	0.003	0.003	0.022	< LOD	< LOD
547	2.25	7.18	31.63	1.02	1.48	0.54	3.97	0.25	0.039	0.016	0.009	< LOD	0.002	0.006	< LOD	0.011	0.019	0.012	0.040
548	1.47	16.20	43.52	0.73	3.70	0.02	0.78	< LOD	0.502	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.001	0.003	0.004	0.045	< LOD	< LOD
548.6	3.55	7.00	55.43	0.80	1.71	2.02	7.48	0.18	0.038	2.478	< LOD	< LOD	0.007	0.006	< LOD	0.015	0.001	0.006	0.035
549.6	2.45	10.59	69.82	0.20	1.78	2.16	6.15	< LOD	0.103	0.459	0.015	< LOD	0.004	0.003	< LOD	0.001	0.010	0.008	< LOD
550.6	3.59	8.99	21.89	0.12	1.07	4.14	12.69	< LOD	0.092	< LOD	0.017	0.015	0.008	0.007	< LOD	0.001	0.001	< LOD	< LOD
551.6	2.73	7.44	59.01	1.06	1.09	2.37	9.31	0.28	0.043	1.263	< LOD	0.004	0.010	0.011	< LOD	0.009	0.002	0.006	< LOD
552.6	< LOD	13.18	68.18	6.75	0.42	0.37	1.37	< LOD	< LOD	0.060	< LOD	< LOD	0.003	0.002	0.007	0.021	0.021	< LOD	0.150
553.6	4.49	3.43	47.83	0.50	2.41	2.31	18.76	0.14	0.025	0.355	< LOD	0.007	0.007	0.055	0.005	0.008	0.002	0.002	0.053
554.6	2.46	3.80	33.89	0.03	7.09	3.57	19.46	0.15	< LOD	1.700	< LOD	0.006	0.054	0.041	0.003	< LOD	0.007	0.004	< LOD
555.2	2.57	1.55	56.22	0.03	2.51	1.24	19.37	0.03	< LOD	0.100	< LOD	0.003	< LOD	0.029	0.003	0.001	0.001	< LOD	< LOD

Süg. (m)	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	Mn	Fe	Ti	P	S	Cr	Ni	Cu	Zn	Pb	Rb	Sr	Zr	Ba
556.2	3.52	1.76	60.16	0.22	1.46	0.43	13.62	0.02	< LOD	0.560	< LOD	< LOD	0.023	0.008	0.003	0.001	0.003	0.001	< LOD
557.2	4.48	1.62	49.41	0.03	1.88	1.15	19.23	0.04	< LOD	0.047	< LOD	0.006	0.003	0.007	0.003	0.001	0.001	< LOD	< LOD
558	2.77	1.83	53.86	0.02	2.83	0.81	15.05	0.04	0.030	0.056	< LOD	< LOD	0.003	0.005	0.003	0.001	0.002	< LOD	< LOD
559	< LOD	1.92	45.17	0.06	0.17	0.37	32.33	0.11	< LOD	0.228	< LOD	0.014	0.032	0.042	0.016	0.005	0.001	0.002	< LOD
560	3.27	2.25	51.07	0.06	3.03	0.95	30.87	0.04	0.030	0.778	< LOD	0.011	0.024	0.011	0.013	0.004	0.003	< LOD	< LOD
561	2.31	1.75	64.29	0.27	1.30	0.44	16.18	0.04	< LOD	0.270	< LOD	< LOD	0.005	0.008	0.004	0.001	0.003	< LOD	< LOD
562	< LOD	1.03	72.82	0.08	0.18	0.37	13.89	0.05	< LOD	5.574	< LOD	< LOD	0.034	0.002	0.003	0.001	0.001	< LOD	< LOD
563	3.12	3.11	66.95	0.58	1.63	2.37	11.36	0.05	< LOD	2.534	< LOD	< LOD	0.008	0.006	0.002	0.007	0.005	< LOD	0.196
564	3.23	0.79	64.97	0.07	1.87	1.09	12.25	0.05	0.025	0.212	< LOD	0.003	0.003	0.012	< LOD	0.001	0.001	< LOD	< LOD
564.8	4.60	3.88	43.59	< LOD	8.23	7.12	10.69	0.02	0.037	0.289	< LOD	0.003	0.006	0.017	< LOD	< LOD	0.006	< LOD	< LOD
565.8	2.30	0.89	44.23	< LOD	4.54	3.63	13.75	0.03	0.030	0.323	< LOD	0.005	0.008	0.014	< LOD	< LOD	0.002	< LOD	< LOD
566.8	2.78	< LOD	68.91	< LOD	3.45	1.84	16.06	0.03	0.032	0.030	< LOD	< LOD	< LOD	0.009	0.003	< LOD	0.001	< LOD	< LOD
567.8	2.65	< LOD	14.56	< LOD	3.60	2.41	24.67	0.04	< LOD	0.419	< LOD	0.016	0.016	0.029	0.009	0.002	0.005	< LOD	< LOD
568.8	2.49	1.17	64.25	0.10	1.69	1.26	17.21	0.03	< LOD	0.045	< LOD	< LOD	< LOD	0.010	< LOD	0.001	0.001	< LOD	0.030
569.8	1.95	2.06	78.23	0.20	0.59	1.20	8.67	0.06	< LOD	0.070	< LOD	< LOD	< LOD	0.011	< LOD	0.001	0.006	0.002	0.041
570.3	1.99	1.09	57.25	< LOD	3.00	2.35	15.65	0.05	0.043	0.139	0.014	0.003	0.004	0.014	< LOD	< LOD	0.004	< LOD	< LOD
571.3	2.21	5.63	38.34	0.29	1.26	0.15	10.76	0.20	0.053	0.118	< LOD	< LOD	< LOD	0.025	0.003	0.004	0.020	< LOD	0.040
572.3	< LOD	10.34	43.49	5.36	8.14	0.22	3.59	0.37	5.331	0.033	< LOD	< LOD	< LOD	0.006	0.006	0.029	0.022	< LOD	0.142
573.3	3.67	1.27	64.15	0.04	3.24	0.98	19.24	0.04	0.047	0.280	< LOD	< LOD	0.012	0.016	0.004	0.001	0.001	< LOD	< LOD
574.3	2.12	8.72	56.17	1.13	2.05	2.82	9.37	0.24	0.037	2.164	< LOD	0.004	0.006	0.009	< LOD	0.013	0.002	0.008	0.054
575.3	3.11	14.67	62.53	2.61	2.16	0.13	4.33	0.40	< LOD	0.064	0.024	0.003	< LOD	0.008	0.002	0.021	0.018	0.012	0.034
576.3	2.80	10.27	36.20	2.23	1.78	0.19	6.04	0.40	0.057	0.101	0.037	0.009	0.004	0.012	0.002	0.029	0.021	0.015	0.032
577.3	2.82	5.92	79.51	2.22	0.61	1.18	3.05	0.07	< LOD	0.301	< LOD	< LOD	0.005	0.004	0.002	0.012	0.006	< LOD	0.094
578.3	< LOD	12.52	48.60	5.32	0.93	1.77	6.99	0.02	< LOD	0.171	0.012	< LOD	0.005	0.003	0.008	0.024	0.033	< LOD	0.231
578.8	2.25	8.98	52.93	4.44	1.10	1.01	3.06	< LOD	0.286	0.114	0.009	< LOD	0.004	< LOD	0.008	0.022	0.023	< LOD	0.251
579.5	4.35	1.83	55.62	0.14	0.28	0.96	25.84	0.29	0.061	0.409	< LOD	0.005	0.030	0.050	0.009	0.002	< LOD	< LOD	< LOD
580.5	< LOD	4.72	49.72	0.13	3.56	2.62	23.02	0.19	1.894	0.252	< LOD	0.005	0.020	0.021	0.005	0.002	0.003	< LOD	< LOD
581.5	2.03	1.86	51.41	0.08	0.11	0.49	27.48	0.52	< LOD	0.062	< LOD	0.005	< LOD	0.033	0.008	0.003	< LOD	< LOD	< LOD
582.5	2.25	2.94	69.26	0.15	1.93	0.37	19.29	0.04	< LOD	0.158	< LOD	< LOD	0.005	0.024	0.004	0.001	0.002	< LOD	< LOD
583.5	1.53	10.81	68.19	6.93	0.29	0.14	0.35	0.04	< LOD	0.070	< LOD	< LOD	< LOD	0.001	0.007	0.022	0.024	< LOD	0.172
584.5	3.08	2.00	57.52	0.14	1.81	0.45	22.54	0.04	< LOD	0.199	< LOD	< LOD	0.004	0.025	0.005	0.002	0.001	< LOD	0.029
585.5	3.09	2.63	67.46	0.13	2.09	1.36	16.06	0.04	0.041	0.091	< LOD	< LOD	0.030	0.017	0.002	0.001	0.001	< LOD	< LOD

Süg. (m)	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	Mn	Fe	Ti	P	S	Cr	Ni	Cu	Zn	Pb	Rb	Sr	Zr	Ba
586.5	1.62	0.88	37.72	0.09	1.37	0.97	15.89	< LOD	< LOD	0.065	< LOD	0.010	< LOD	0.019	0.003	0.002	0.003	< LOD	0.037
587.2	2.90	2.73	36.94	1.16	0.82	0.67	25.37	0.02	< LOD	1.086	< LOD	0.005	0.020	0.045	0.012	0.011	0.025	0.004	0.333
588	< LOD	6.82	48.14	3.94	0.35	0.90	13.86	< LOD	< LOD	2.690	< LOD	< LOD	0.012	0.004	0.008	0.024	0.050	< LOD	0.800
589	4.15	2.88	45.16	0.64	4.32	2.14	20.89	0.06	0.036	3.753	< LOD	< LOD	0.032	0.022	0.005	0.005	0.012	0.002	0.289
590	2.30	1.48	62.10	< LOD	1.43	1.93	17.32	0.03	< LOD	0.307	< LOD	0.005	0.002	0.014	0.003	0.001	0.001	< LOD	< LOD
591	4.06	3.96	55.11	1.44	2.10	1.24	17.44	0.05	< LOD	0.079	< LOD	0.003	< LOD	0.017	0.006	0.005	0.021	< LOD	0.169
592	2.93	0.85	42.95	< LOD	4.42	2.46	17.29	0.04	0.033	0.700	< LOD	0.006	0.004	0.021	< LOD	< LOD	0.008	< LOD	< LOD
593	2.48	0.49	39.36	< LOD	2.46	2.31	22.39	0.04	< LOD	0.276	0.015	0.011	0.011	0.006	0.007	0.002	0.001	< LOD	< LOD
594	3.55	1.56	33.96	0.81	3.09	1.50	17.60	< LOD	< LOD	0.027	< LOD	0.005	< LOD	0.006	0.006	0.005	0.010	< LOD	0.104
594.6	4.18	2.28	34.13	0.75	5.24	1.70	24.43	0.01	0.033	0.034	< LOD	0.009	< LOD	0.023	0.008	0.005	0.008	< LOD	0.096
595.6	2.64	1.75	49.62	0.53	3.15	1.52	18.88	< LOD	0.081	6.020	< LOD	< LOD	0.073	0.012	0.005	0.003	0.006	< LOD	0.056
596.6	2.82	0.60	53.36	0.12	3.02	1.86	15.21	0.01	0.138	2.405	< LOD	0.004	0.033	0.010	0.003	0.002	0.006	< LOD	0.032
597.4	2.92	0.94	57.69	0.35	2.13	1.53	17.33	0.02	< LOD	0.187	< LOD	0.003	0.003	0.019	0.003	0.004	0.002	< LOD	0.042
598.4	3.25	1.89	56.05	0.98	4.64	1.95	10.17	0.01	0.042	2.002	< LOD	< LOD	0.026	0.012	< LOD	0.004	0.005	< LOD	0.031
599.4	1.98	1.19	61.08	0.57	2.73	0.92	14.08	0.02	< LOD	1.055	< LOD	< LOD	< LOD	0.015	0.003	0.004	0.005	< LOD	< LOD
600.4	2.55	0.78	62.97	0.28	1.95	0.59	11.46	0.02	0.055	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.012	< LOD	0.001	0.002	< LOD	0.025
601.4	2.91	11.11	57.15	8.01	0.31	0.22	2.13	0.04	< LOD	0.149	< LOD	< LOD	< LOD	0.011	0.010	0.031	0.017	0.016	0.245
602.4	2.04	1.00	40.71	0.10	4.72	1.41	14.84	0.02	< LOD	4.509	< LOD	< LOD	0.003	0.018	0.002	0.001	0.003	< LOD	< LOD
603.3	2.78	0.86	47.86	0.13	2.55	1.42	18.88	0.03	< LOD	< LOD	0.012	0.007	< LOD	0.019	0.004	0.001	0.004	< LOD	< LOD
604.3	2.28	0.85	41.01	0.27	2.02	1.22	17.53	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.004	0.003	0.037	0.004	0.002	0.006	< LOD	0.073
605	2.33	< LOD	43.29	0.01	1.36	1.18	16.43	< LOD	< LOD	0.060	< LOD	0.005	0.008	0.012	0.004	< LOD	0.001	< LOD	< LOD
606	2.12	9.19	35.38	5.99	1.06	0.99	18.70	0.12	< LOD	0.174	< LOD	0.005	0.028	0.030	0.029	0.030	0.048	< LOD	0.293
607	2.97	< LOD	67.72	0.04	1.89	0.81	9.75	< LOD	< LOD	0.460	< LOD	< LOD	0.005	0.008	0.005	< LOD	0.002	< LOD	< LOD
608	3.32	< LOD	38.97	0.02	2.15	0.38	14.21	< LOD	< LOD	0.501	< LOD	< LOD	0.005	0.008	0.002	0.001	0.004	< LOD	< LOD
608.5	6.76	3.00	58.11	2.07	1.29	0.47	18.85	0.04	< LOD	0.028	< LOD	< LOD	0.004	0.016	0.004	0.019	0.001	< LOD	0.024
609.5	3.11	0.43	33.53	0.20	2.25	0.63	16.93	< LOD	0.032	< LOD	< LOD	0.005	0.004	0.014	0.004	0.003	0.003	< LOD	0.056
610.5	2.33	< LOD	27.65	0.50	1.04	0.45	10.30	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.003	< LOD	0.003	< LOD	0.008	0.003	< LOD	0.081
611.5	3.10	2.79	48.69	1.76	2.48	0.97	19.16	0.04	0.031	0.027	< LOD	< LOD	0.003	0.015	0.007	0.010	0.013	< LOD	0.063
612.5	2.63	3.49	49.55	2.14	3.29	2.37	19.83	0.08	0.030	0.152	< LOD	0.005	0.004	0.013	0.008	0.010	0.013	< LOD	0.073
613.5	< LOD	4.46	48.74	3.01	2.85	1.86	14.67	0.04	< LOD	< LOD	< LOD	0.004	0.002	0.014	0.012	0.015	0.020	0.002	0.153
614.5	1.90	6.15	55.48	4.04	2.82	2.02	12.29	0.07	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.012	0.019	0.017	0.019	0.002	0.121
615	2.17	2.71	52.48	1.72	2.45	1.22	10.80	0.03	< LOD	0.030	< LOD	< LOD	< LOD	0.010	0.007	0.010	0.011	0.001	0.068

Süg. (m)	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	Mn	Fe	Ti	P	S	Cr	Ni	Cu	Zn	Pb	Rb	Sr	Zr	Ba
616	3.28	2.74	38.52	1.73	3.08	1.85	15.01	0.06	< LOD	0.127	< LOD	0.005	0.003	0.011	0.020	0.012	0.011	< LOD	0.090
617	4.02	5.62	32.75	2.47	4.37	2.28	29.18	0.11	0.052	0.028	< LOD	0.013	< LOD	0.033	0.014	0.015	0.039	< LOD	0.496
618	1.91	0.43	36.34	0.71	0.18	0.06	6.02	0.05	0.019	0.038	< LOD	< LOD	< LOD	0.014	0.004	0.009	0.004	< LOD	0.037
619	1.57	6.04	43.10	4.25	0.50	0.23	14.72	0.18	0.213	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.031	0.016	0.028	0.022	< LOD	0.116
620	8.02	7.24	22.83	4.38	1.52	2.31	16.17	0.81	0.368	4.894	< LOD	0.005	0.011	0.025	0.009	0.053	0.002	< LOD	0.045
621.6	3.40	< LOD	24.06	0.03	1.61	0.39	15.75	0.01	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.013	< LOD	0.002	0.007	< LOD	< LOD
621.6	2.58	< LOD	71.16	0.03	1.83	0.44	11.32	< LOD	< LOD	0.304	< LOD	< LOD	0.006	0.007	0.003	< LOD	0.003	< LOD	< LOD
622.6	2.88	< LOD	66.01	0.05	1.28	0.24	12.88	< LOD	< LOD	0.487	< LOD	< LOD	0.003	0.006	< LOD	0.001	0.002	< LOD	< LOD
623.6	3.29	1.14	44.12	0.17	1.37	0.34	23.57	0.03	< LOD	0.251	< LOD	< LOD	< LOD	0.015	0.003	0.001	0.003	< LOD	< LOD
624.6	1.33	1.78	84.87	0.19	0.45	0.26	11.92	< LOD	< LOD	0.044	< LOD	< LOD	0.003	0.008	< LOD	< LOD	0.001	< LOD	< LOD
625.5	3.38	12.47	42.03	7.19	0.67	0.45	7.08	0.42	0.026	0.140	0.019	0.006	< LOD	0.013	0.009	0.034	0.026	0.011	0.120
626.4	5.41	13.09	39.03	6.87	0.67	0.26	7.68	0.59	< LOD	0.058	0.029	0.004	< LOD	0.017	0.006	0.053	0.018	0.004	0.125
627.1	2.81	2.07	48.79	0.10	4.10	3.43	26.80	0.06	0.043	0.122	< LOD	0.016	0.009	0.014	0.008	0.003	0.003	< LOD	0.029
628.1	< LOD	1.32	15.90	0.10	0.49	1.78	11.59	0.52	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.002	0.009	< LOD	0.005	0.002	< LOD	0.113
629.1	4.42	2.53	57.42	0.67	1.78	2.35	19.73	0.05	< LOD	< LOD	< LOD	0.008	< LOD	0.014	0.005	0.010	0.003	< LOD	0.236
630	2.29	< LOD	24.49	0.11	0.70	0.25	21.90	0.07	< LOD	0.526	< LOD	0.006	< LOD	0.011	0.005	0.002	0.002	< LOD	< LOD
631	5.23	1.34	36.37	0.08	3.81	0.74	24.45	0.04	< LOD	0.253	< LOD	0.006	< LOD	0.018	0.007	0.002	0.005	< LOD	< LOD
632	1.80	2.00	58.64	0.12	0.32	0.48	26.45	0.05	< LOD	< LOD	< LOD	0.006	< LOD	0.006	0.007	0.002	0.001	< LOD	0.030
632.8	3.02	2.36	55.24	0.13	2.33	0.71	24.24	0.06	< LOD	0.292	< LOD	0.007	0.008	0.014	0.006	0.002	0.002	< LOD	< LOD
633.8	1.66	0.60	70.59	0.11	0.52	0.16	11.71	0.03	< LOD	0.985	< LOD	< LOD	0.002	0.005	< LOD	0.001	0.003	< LOD	< LOD
634.8	3.93	1.84	39.55	0.03	3.49	1.09	16.42	0.06	0.023	< LOD	< LOD	0.006	< LOD	0.010	0.003	0.001	0.003	< LOD	< LOD
635.8	1.68	17.53	66.75	3.77	1.92	0.06	0.53	< LOD	0.021	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.003	0.004	0.015	0.038	< LOD	0.127
636.8	2.26	4.08	38.65	0.70	1.48	0.18	4.29	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.005	< LOD	0.008	0.011	0.002	0.123
367.8	3.50	4.17	59.81	0.46	0.97	1.35	20.69	0.07	0.033	0.086	< LOD	0.007	< LOD	0.017	0.007	0.005	0.005	0.001	0.231
638.4	1.82	3.41	60.33	0.77	1.61	1.07	13.57	0.09	0.034	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.006	0.005	0.008	0.009	0.001	0.222
639.4	2.15	2.46	32.53	0.11	1.15	0.35	6.32	0.04	< LOD	< LOD	0.007	< LOD	< LOD	0.005	< LOD	0.001	0.005	< LOD	< LOD
640.4	2.59	5.95	61.60	0.85	1.45	0.60	18.65	0.10	0.024	< LOD	< LOD	0.005	0.003	0.008	0.004	0.007	0.005	< LOD	0.071
641.3	< LOD	6.88	75.84	4.57	0.46	0.03	0.90	< LOD	< LOD	0.041	< LOD	< LOD	0.001	0.002	0.003	0.015	0.015	< LOD	0.111
642.3	4.63	3.28	46.41	0.36	1.18	1.13	23.10	0.12	0.024	< LOD	0.019	0.008	< LOD	0.009	0.005	0.005	0.003	< LOD	< LOD
643.3	2.49	2.46	32.72	0.36	1.12	0.41	12.18	0.10	0.230	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.005	< LOD	0.003	0.005	< LOD	< LOD
644.3	6.02	5.50	52.68	0.76	1.60	1.63	19.54	0.12	0.026	0.079	< LOD	0.013	< LOD	0.011	0.005	0.006	0.005	0.001	0.028
645.3	4.64	4.63	45.08	0.56	3.19	0.73	26.15	0.13	0.047	0.581	< LOD	0.009	< LOD	0.015	0.009	0.006	0.004	< LOD	0.047

Süg. (m)	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	Mn	Fe	Ti	P	S	Cr	Ni	Cu	Zn	Pb	Rb	Sr	Zr	Ba
646.3	2.29	4.58	59.52	0.09	1.39	1.90	14.71	0.11	0.046	0.141	0.012	0.004	< LOD	0.014	< LOD	0.001	0.002	< LOD	< LOD
647.3	5.16	4.93	42.56	1.48	2.60	1.30	23.78	0.17	0.057	0.035	0.017	0.011	< LOD	0.022	0.011	0.011	0.006	< LOD	0.057
648.3	3.40	4.83	59.53	1.83	1.65	0.81	15.75	0.18	0.038	0.153	0.021	< LOD	< LOD	0.015	0.006	0.013	0.005	0.001	0.059
649.2	< LOD	12.30	61.91	8.74	0.28	0.01	0.18	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.001	0.022	0.040	0.036	< LOD	0.195
649.9	4.52	6.25	51.48	3.52	0.45	1.03	14.38	0.09	0.025	< LOD	< LOD	0.004	< LOD	0.008	0.013	0.023	0.027	0.002	0.196
650.9	3.80	4.64	60.17	1.29	1.09	1.87	12.27	0.28	0.037	0.166	0.017	0.008	0.005	0.007	0.004	0.015	0.002	0.002	0.025
652	3.70	4.16	60.33	0.48	2.26	1.83	19.70	0.18	0.042	0.118	0.023	0.008	0.004	0.015	0.005	0.002	0.001	0.002	< LOD
653	4.23	2.46	36.96	0.82	0.73	1.03	23.24	0.12	0.027	0.105	0.014	0.007	< LOD	0.008	0.006	0.008	0.008	< LOD	0.051
653.5	2.25	0.57	50.25	0.08	0.97	0.40	16.24	0.10	0.027	0.181	< LOD	0.011	< LOD	0.005	0.005	0.002	0.001	< LOD	< LOD
654.5	4.54	2.53	48.29	0.53	1.24	1.60	21.70	0.20	0.052	0.092	0.021	0.009	0.008	0.009	0.007	0.004	0.002	0.002	< LOD
655.5	1.98	4.27	56.19	2.77	0.53	1.02	11.19	0.07	0.026	0.354	< LOD	0.004	0.009	0.003	0.004	0.014	0.021	< LOD	0.128
656.5	3.66	6.78	55.82	1.99	2.03	2.24	14.46	0.20	0.035	0.072	0.013	0.006	0.002	0.015	0.003	0.005	0.012	0.002	0.073
657.5	4.42	2.60	51.25	0.08	1.20	2.56	23.88	0.21	0.038	< LOD	< LOD	0.011	< LOD	0.024	0.008	0.002	0.001	0.001	< LOD
658.5	3.77	4.45	53.27	0.42	2.86	2.29	15.49	0.17	0.062	< LOD	0.022	0.006	< LOD	0.006	0.002	0.003	0.005	< LOD	0.055
659.5	2.80	5.04	67.99	1.58	2.20	2.42	15.09	0.10	0.060	0.045	0.018	0.003	< LOD	0.005	0.002	0.006	0.010	0.002	0.083
660.4	3.57	5.38	57.00	0.04	3.88	3.64	17.06	0.11	0.028	0.024	0.012	0.009	0.003	0.009	< LOD	< LOD	0.001	0.002	< LOD
661.4	4.78	4.50	40.89	1.17	3.46	1.71	26.86	0.17	0.043	0.033	< LOD	0.010	< LOD	0.009	0.011	0.012	0.027	0.001	0.207
662.3	2.32	4.27	48.28	1.82	1.77	1.04	15.50	0.14	0.024	< LOD	0.016	0.005	< LOD	0.012	0.003	0.010	0.014	0.001	0.105
663	1.99	2.09	44.15	1.13	1.02	0.41	9.29	0.02	< LOD	0.596	0.011	0.003	0.008	0.002	0.003	0.006	0.007	< LOD	0.045
664	2.34	5.35	47.47	1.32	1.04	1.33	15.27	0.11	0.027	0.815	0.014	0.009	0.023	0.015	0.003	0.008	0.013	0.001	0.138
665	2.59	2.56	36.42	0.03	2.59	2.56	11.53	0.07	0.023	0.022	< LOD	0.008	0.003	0.007	< LOD	0.001	< LOD	0.002	< LOD
666	2.70	5.27	52.29	0.53	3.63	3.15	16.70	0.17	0.062	< LOD	0.023	0.010	0.002	0.013	0.003	0.004	0.008	0.002	0.107
667	2.70	5.48	52.77	0.05	3.50	4.20	15.84	0.17	0.043	< LOD	< LOD	0.006	< LOD	0.006	< LOD	< LOD	0.001	0.001	< LOD
668	4.67	6.76	39.81	1.12	1.68	1.28	17.31	0.13	0.036	< LOD	< LOD	0.004	< LOD	0.009	0.004	0.006	0.022	0.002	0.200
669	1.48	6.83	63.64	0.14	1.74	1.61	14.93	0.11	0.048	< LOD	0.019	0.004	< LOD	0.010	< LOD	< LOD	0.010	0.001	< LOD
670	2.72	6.41	48.66	0.05	3.51	4.24	15.89	0.17	0.045	< LOD	0.015	0.009	< LOD	0.007	0.003	< LOD	0.001	0.003	< LOD
671	2.99	4.95	57.04	0.10	3.87	3.29	13.80	0.18	0.056	< LOD	0.020	0.008	0.003	0.008	0.002	< LOD	0.001	0.002	< LOD
672	2.86	4.71	39.72	0.20	1.92	0.96	7.97	0.05	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.005	0.002	0.002	0.026	< LOD	< LOD
673	3.31	2.62	58.75	0.14	3.25	0.87	12.28	0.09	0.029	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.005	< LOD	0.001	0.003	< LOD	< LOD
674	< LOD	14.36	52.65	6.88	0.90	0.07	5.84	0.03	0.086	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.006	0.005	0.030	0.043	< LOD	< LOD
674.6	1.86	3.39	58.90	2.86	0.18	0.02	1.34	0.01	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.003	< LOD	0.008	0.008	< LOD	0.047
675.6	4.10	1.52	33.87	1.31	0.47	0.36	11.93	0.28	0.214	0.028	< LOD	< LOD	0.003	0.022	< LOD	0.010	0.001	< LOD	< LOD

Süg. (m)	MgO	Al2O3	SiO2	K2O	Ca	Mn	Fe	Ti	P	S	Cr	Ni	Cu	Zn	Pb	Rb	Sr	Zr	Ba
676.6	4.95	4.89	50.96	0.20	5.07	1.15	21.23	0.20	0.047	< LOD	< LOD	0.003	0.002	0.017	0.004	0.002	0.004	0.001	< LOD
677.6	3.90	9.81	35.03	5.21	0.43	0.17	23.17	0.37	0.062	< LOD	0.021	0.003	0.002	0.020	0.010	0.032	0.030	< LOD	0.164
678.3	3.96	2.49	54.79	0.08	0.80	1.46	17.07	0.07	< LOD	< LOD	< LOD	0.004	< LOD	0.015	0.004	0.001	0.008	0.002	< LOD
679.3	3.69	6.38	60.43	0.28	2.70	1.23	17.57	0.17	0.036	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.008	0.003	0.001	0.006	0.001	< LOD
680.3	3.89	4.93	45.10	2.29	0.92	1.01	10.83	0.54	0.289	0.047	< LOD	< LOD	< LOD	0.011	< LOD	0.004	0.004	< LOD	< LOD
681.3	3.31	8.65	42.91	0.50	2.40	0.99	21.65	0.23	0.069	0.091	0.018	0.006	0.003	0.018	0.008	0.005	0.016	0.005	< LOD
682.3	2.41	9.66	58.78	0.52	3.67	0.83	12.89	0.12	0.037	0.026	< LOD	< LOD	0.003	0.011	< LOD	0.003	0.011	0.003	0.068
683.3	5.77	5.22	41.41	2.07	0.74	1.92	19.62	0.45	0.028	0.074	0.027	0.006	< LOD	0.033	0.004	0.015	0.002	0.001	< LOD
684	2.55	2.76	68.92	0.51	1.02	0.74	4.57	0.16	0.027	2.346	0.008	< LOD	< LOD	0.008	< LOD	0.001	0.001	< LOD	< LOD
685	2.51	7.24	49.21	0.22	1.87	2.13	14.30	0.11	< LOD	0.734	< LOD	0.006	0.008	0.018	< LOD	0.002	0.003	0.003	< LOD
686	2.97	7.07	55.78	0.46	2.82	1.49	12.35	0.27	0.046	0.209	0.027	0.006	0.005	0.017	< LOD	0.003	0.008	0.004	< LOD
686.7	1.39	8.09	67.76	5.28	0.25	0.05	0.23	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.005	0.015	0.026	< LOD	0.307
687.7	3.62	6.97	49.52	0.48	1.84	3.03	13.93	0.14	0.065	1.060	0.020	0.009	0.008	0.011	< LOD	0.004	0.005	0.003	0.055
688.7	3.94	7.11	58.08	0.70	2.75	2.62	12.04	0.26	0.051	0.030	0.022	< LOD	< LOD	0.011	< LOD	0.003	0.009	0.003	0.059
689.7	4.24	5.81	50.99	0.46	3.12	2.04	16.55	0.31	0.079	0.958	0.020	0.006	0.008	0.016	0.006	0.002	0.005	0.002	0.098
690.7	2.80	7.41	58.19	0.65	3.02	3.04	9.79	0.21	0.044	0.232	0.014	< LOD	0.003	0.011	0.003	0.004	0.015	0.004	0.243
691.7	2.74	6.67	58.88	0.31	3.17	3.54	10.45	0.11	0.052	0.297	< LOD	0.006	0.007	0.014	< LOD	0.002	0.005	0.004	0.148
692.7	3.44	5.59	44.69	0.35	2.92	2.39	9.16	0.23	0.050	0.264	< LOD	0.007	0.007	0.018	0.003	0.002	0.006	0.004	0.061
693.5	3.57	9.09	30.92	3.89	0.47	0.79	24.28	1.68	0.132	0.656	0.072	0.012	0.018	0.082	0.007	0.035	0.002	< LOD	0.061
694.5	< LOD	14.79	43.03	6.31	1.72	1.90	12.23	0.14	0.798	< LOD	0.029	0.004	< LOD	0.009	0.007	0.028	0.043	< LOD	0.201
695.5	1.40	6.09	24.49	3.30	3.28	0.04	2.33	< LOD	1.834	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.005	0.004	0.022	0.026	< LOD	0.192
696.3	< LOD	18.00	61.55	10.81	0.45	0.01	0.15	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.006	0.034	0.038	< LOD	0.263
697.3	< LOD	15.56	56.33	10.07	0.61	< LOD	0.29	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.007	0.035	0.039	< LOD	0.245
698.3	< LOD	13.41	50.77	8.52	0.28	0.04	0.28	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.005	0.033	0.035	< LOD	0.232
699.3	< LOD	16.04	57.42	9.84	0.38	< LOD	0.09	< LOD	0.050	0.018	< LOD	< LOD	< LOD	0.001	0.007	0.031	0.039	< LOD	0.274
700.3	< LOD	11.19	42.92	7.03	0.24	< LOD	0.12	< LOD	< LOD	0.062	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.007	0.032	0.038	< LOD	0.283
701.3	< LOD	15.96	59.54	9.48	2.89	0.05	0.16	< LOD	1.959	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.007	0.032	0.036	< LOD	0.250
702	< LOD	11.71	45.70	7.94	0.28	< LOD	0.05	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.007	0.033	0.035	< LOD	0.255
703	< LOD	13.92	51.23	8.04	0.22	< LOD	0.06	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.007	0.035	0.034	< LOD	0.289
704	3.56	7.71	39.81	0.04	8.25	7.12	10.81	0.10	0.061	< LOD	< LOD	0.007	0.011	0.017	< LOD	< LOD	0.006	0.002	< LOD
704.5	< LOD	17.06	62.09	10.42	0.38	0.02	0.13	< LOD	< LOD	0.057	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.007	0.033	0.035	< LOD	0.250
705.5	5.30	11.17	20.50	5.22	1.18	0.23	26.39	1.60	0.631	< LOD	0.016	0.005	< LOD	0.062	0.008	0.046	0.006	< LOD	0.100



Süg. (m)	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	Mn	Fe	Ti	P	S	Cr	Ni	Cu	Zn	Pb	Rb	Sr	Zr	Ba
706.5	1.44	11.92	43.62	7.56	0.17	< LOD	0.12	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.011	0.034	0.035	< LOD	0.257
707.5	< LOD	15.75	56.35	9.77	0.65	< LOD	0.19	< LOD	0.270	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.007	0.034	0.035	< LOD	0.247
708.5	< LOD	18.41	61.54	10.67	0.37	0.01	0.20	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.007	0.032	0.040	< LOD	0.281
709.5	3.10	4.75	50.80	0.32	1.90	1.88	8.61	0.19	0.046	0.292	0.016	0.008	0.007	0.009	< LOD	0.002	0.006	0.003	0.035
710.5	1.93	5.35	48.66	0.26	1.14	1.98	7.88	0.12	0.089	0.059	0.011	0.005	0.002	0.008	< LOD	0.001	0.003	< LOD	0.022
711	3.72	6.26	55.55	0.27	2.63	3.04	11.14	0.17	0.058	< LOD	0.017	0.006	0.004	0.014	0.002	0.001	0.004	0.004	0.195
712.1	3.70	6.80	56.00	0.32	3.31	3.95	9.19	0.31	0.052	1.876	0.022	0.009	0.018	0.009	< LOD	0.002	0.002	0.005	0.082
713.1	< LOD	13.75	50.78	7.46	0.47	< LOD	0.12	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.005	0.033	0.031	< LOD	0.265
714.1	< LOD	17.67	61.81	10.22	0.47	0.01	0.19	0.07	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.002	0.015	0.033	0.035	< LOD	0.288
715	3.14	3.59	31.11	0.03	6.25	4.40	8.41	0.12	0.062	< LOD	0.013	0.004	0.013	0.020	< LOD	< LOD	0.003	0.002	< LOD
716	1.87	4.86	51.99	0.03	4.11	3.33	6.77	0.06	1.851	1.619	< LOD	0.004	0.030	0.005	< LOD	< LOD	0.002	< LOD	< LOD
717	< LOD	15.62	54.93	9.43	0.31	< LOD	0.07	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.009	0.033	0.038	< LOD	0.257
717.9	3.00	3.72	45.44	0.04	3.36	3.53	6.46	0.10	0.029	0.266	< LOD	0.010	0.009	0.012	< LOD	< LOD	0.001	0.003	< LOD
718.9	2.57	11.29	24.11	0.44	3.52	4.30	18.79	0.19	1.529	< LOD	0.044	0.014	< LOD	0.008	0.005	0.002	0.003	< LOD	< LOD
719.3	< LOD	17.79	58.50	8.94	1.27	0.03	0.51	< LOD	0.516	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.001	0.014	0.027	0.045	< LOD	0.294
720.3	2.48	4.62	53.26	< LOD	4.94	4.82	9.95	0.16	0.030	< LOD	0.021	0.008	< LOD	0.012	< LOD	< LOD	0.002	0.003	< LOD
721.3	3.05	10.86	61.27	1.32	2.40	3.47	8.04	0.33	0.042	0.029	0.027	0.006	< LOD	0.010	0.002	0.010	0.006	0.005	0.161
722.3	2.93	3.12	55.81	< LOD	3.40	2.85	5.17	0.09	0.060	< LOD	0.010	0.005	< LOD	0.005	< LOD	< LOD	0.002	0.002	< LOD
723.4	< LOD	17.11	62.50	10.25	0.33	< LOD	0.13	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.001	0.001	0.006	0.033	0.039	< LOD	0.267
724.4	3.16	17.57	60.83	10.76	0.27	< LOD	0.05	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.006	0.035	0.035	< LOD	0.406
725.4	1.76	10.00	76.73	5.38	0.34	0.03	1.14	0.10	< LOD	< LOD	0.009	< LOD	< LOD	0.003	0.003	0.020	0.019	0.003	0.211
726.4	1.78	12.64	72.40	4.08	1.11	0.02	1.07	0.10	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.003	0.004	0.019	0.021	0.001	0.229
727.4	1.65	2.96	86.94	1.95	0.15	< LOD	0.07	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.006	0.003	< LOD	0.033
728.2	< LOD	< LOD	94.81	0.15	0.09	< LOD	0.05	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.001	0.000	< LOD	0.018
729	< LOD	12.27	66.74	7.16	0.31	0.03	0.56	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.001	0.001	0.006	0.024	0.028	< LOD	0.237
730	< LOD	4.77	76.70	2.96	0.20	0.01	0.66	0.03	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.001	0.002	0.002	0.009	0.009	< LOD	0.063
731	1.39	7.95	81.09	4.90	0.24	< LOD	0.09	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.001	0.003	0.017	0.016	< LOD	0.188
732	< LOD	17.14	65.44	10.38	0.35	< LOD	0.05	< LOD	0.025	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.007	0.030	0.038	< LOD	0.284
733	< LOD	13.92	62.92	8.74	0.27	< LOD	0.12	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.001	< LOD	0.005	0.024	0.030	< LOD	0.219
734	2.01	11.99	64.49	3.81	0.71	0.86	4.72	0.02	< LOD	0.323	< LOD	< LOD	0.005	0.003	< LOD	0.008	0.010	< LOD	0.058
735	1.99	4.41	42.59	0.52	1.05	0.84	9.18	0.12	0.024	< LOD	< LOD	0.004	< LOD	0.007	< LOD	0.009	0.002	0.004	0.061
736	6.42	9.53	52.20	0.81	0.76	0.87	14.47	0.27	0.030	0.030	0.013	0.004	0.002	0.013	< LOD	0.009	0.004	0.005	0.026

Süg. (m)	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	Mn	Fe	Ti	P	S	Cr	Ni	Cu	Zn	Pb	Rb	Sr	Zr	Ba
737	2.44	6.94	61.71	0.68	2.19	1.12	10.28	0.16	0.061	< LOD	< LOD	0.003	< LOD	0.009	< LOD	0.007	0.002	0.004	0.064
737.5	1.68	7.82	76.14	0.42	1.39	0.79	3.59	< LOD	0.089	0.030	< LOD	< LOD	< LOD	0.004	< LOD	0.001	0.007	< LOD	< LOD
738.5	1.36	2.59	78.04	1.36	0.25	0.55	2.70	< LOD	< LOD	0.028	< LOD	< LOD	0.002	0.002	0.002	0.005	0.009	< LOD	0.096
739.7	7.10	14.53	30.49	3.89	0.75	2.15	14.50	0.69	< LOD	0.025	0.032	0.014	< LOD	0.020	< LOD	0.032	0.002	0.021	0.070
740.5	< LOD	16.26	62.40	9.42	0.31	< LOD	0.07	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.006	0.027	0.034	< LOD	0.216
741.5	2.70	13.50	46.65	7.63	0.45	0.10	2.16	0.19	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.004	0.006	0.029	0.038	0.004	0.231
742.5	7.69	10.71	24.34	6.22	0.10	0.10	8.82	1.15	< LOD	< LOD	0.032	0.014	< LOD	0.022	< LOD	0.068	0.001	0.031	0.118
743.5	1.48	11.50	43.52	0.22	2.39	0.28	1.44	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.001	< LOD	0.001	0.027	< LOD	0.031
744.1	3.37	10.88	44.68	0.30	0.76	2.41	10.00	< LOD	< LOD	0.146	< LOD	0.008	< LOD	0.005	< LOD	0.001	0.001	0.016	< LOD
745.1	< LOD	6.51	87.06	2.41	0.62	0.02	0.44	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.003	0.010	0.013	0.002	0.086
746.1	< LOD	4.70	55.73	3.24	0.13	< LOD	0.08	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.004	0.015	0.018	< LOD	0.160
747	3.45	10.24	30.20	3.73	0.46	0.30	4.98	0.41	< LOD	< LOD	0.012	0.005	0.002	0.012	0.002	0.032	0.015	0.020	0.109
748	1.66	12.91	49.27	4.51	0.36	0.03	4.07	0.20	< LOD	< LOD	0.013	< LOD	< LOD	0.007	0.003	0.025	0.017	0.008	0.187
748.9	5.30	18.09	48.08	2.01	0.94	0.51	9.06	0.46	< LOD	0.018	0.027	0.004	0.005	0.012	0.003	0.010	0.014	0.015	0.062
750	3.82	16.51	53.27	4.30	1.38	0.56	6.58	0.52	< LOD	0.130	0.014	0.004	0.006	0.011	0.003	0.019	0.019	0.011	0.075
751	1.57	6.51	80.15	4.04	0.22	< LOD	0.17	< LOD	< LOD	< LOD	0.004	< LOD	< LOD	0.001	0.003	0.014	0.014	< LOD	0.236
752	2.06	8.72	36.57	2.15	0.90	0.56	4.45	0.16	< LOD	< LOD	0.018	< LOD	< LOD	0.011	0.002	0.011	0.019	0.009	0.121
752.5	3.06	16.49	59.82	3.69	1.00	0.22	3.24	0.27	< LOD	0.059	0.011	< LOD	0.001	0.008	0.002	0.012	0.018	0.008	0.089
753.5	4.70	14.80	42.04	0.45	0.21	0.37	4.70	< LOD	< LOD	0.021	0.013	0.003	0.002	0.007	< LOD	0.005	0.002	0.019	< LOD
754.5	4.50	20.34	52.91	3.20	0.52	0.28	5.64	0.36	< LOD	< LOD	0.023	0.005	< LOD	0.012	< LOD	0.016	0.010	0.013	0.095
755.6	2.05	9.90	45.38	2.80	0.34	0.41	6.03	0.37	< LOD	< LOD	0.015	0.005	< LOD	0.009	< LOD	0.022	0.009	0.012	0.104
756.6	2.95	6.96	39.40	1.42	0.15	0.56	8.88	0.17	< LOD	< LOD	0.023	< LOD	< LOD	0.007	< LOD	0.009	0.010	0.009	0.088
757.6	5.94	16.19	47.39	1.70	0.17	0.27	8.36	0.62	< LOD	0.077	0.048	0.008	0.004	0.013	< LOD	0.012	0.003	0.020	0.054
758.3	3.14	13.33	51.06	6.21	0.32	0.06	4.42	0.42	0.019	< LOD	0.010	< LOD	< LOD	0.005	0.004	0.020	0.033	0.005	0.174
759.3	2.93	13.40	55.50	3.29	0.68	0.06	3.58	0.47	< LOD	0.094	0.013	0.003	0.004	0.009	0.004	0.017	0.020	0.016	0.116
760.3	1.64	< LOD	65.37	0.06	0.17	< LOD	0.07	< LOD	< LOD	0.026	< LOD	< LOD	< LOD	0.001	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD
761.3	3.58	10.86	61.60	1.49	0.43	0.08	3.02	0.35	< LOD	0.077	0.020	0.003	0.003	0.006	< LOD	0.008	0.006	0.013	0.073
762	2.86	5.34	41.41	1.01	0.09	0.11	4.43	0.31	< LOD	0.241	0.035	< LOD	0.016	0.009	< LOD	0.008	0.000	0.019	0.036
763	2.14	10.25	41.69	0.52	1.81	0.06	2.16	0.13	< LOD	< LOD	0.011	< LOD	0.002	0.003	0.002	0.004	0.024	< LOD	< LOD
765	1.47	9.75	76.99	2.86	0.97	0.04	1.82	0.20	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.002	0.004	0.002	0.009	0.019	0.009	0.076
766	4.67	9.50	50.42	0.80	0.11	0.13	2.67	0.23	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	0.008	< LOD	0.006	0.001	0.013	0.031
764	2.29	8.37	54.29	1.03	1.40	0.04	1.62	0.17	< LOD	< LOD	0.015	< LOD	< LOD	0.011	< LOD	0.007	0.020	0.007	0.032

Süg. (m)	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	Mn	Fe	Ti	P	S	Cr	Ni	Cu	Zn	Pb	Rb	Sr	Zr	Ba
766.8	3.01	10.30	73.46	1.55	1.46	0.06	2.84	0.41	< LOD	< LOD	0.013	< LOD	0.001	0.005	< LOD	0.011	0.015	0.011	0.042
767.7	3.43	12.71	66.28	1.44	1.21	0.13	3.32	0.28	0.023	< LOD	0.035	< LOD	0.003	0.008	0.002	0.007	0.013	0.013	0.042
768.7	3.45	9.29	73.07	2.08	0.89	0.09	4.07	0.46	< LOD	< LOD	0.040	< LOD	0.002	0.006	< LOD	0.012	0.010	0.020	0.095
769.8	3.47	14.64	68.89	1.50	1.36	0.11	2.88	0.30	< LOD	< LOD	0.022	< LOD	< LOD	0.006	0.002	0.007	0.018	0.016	0.043
770.4	2.53	10.99	75.01	1.34	1.34	0.11	3.86	0.32	< LOD	0.681	0.031	< LOD	0.001	0.006	< LOD	0.007	0.015	0.020	0.036

## **Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks**

Mina, Rasmus Kont,  
(*autori nimi*)

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) minu loodud teose

Jõhvi raudkvartsiidi keemiline analüüsi käsi-XRF-iga,  
(*lõputöö pealkiri*)

mille juhendajad on Peeter Somelar ja Siim Nirgi,  
(*juhendaja nimi*)

reprodutseerimiseks eesmärgiga seda säilitada, sealhulgas lisada digitaalarhiivi DSpace kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.

2. Annan Tartu Ülikoolile loa teha punktis 1 nimetatud teos üldsusele kättesaadavaks Tartu Ülikooli veebikeskkonna, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace kaudu Creative Commons'i litsentsiga CC BY NC ND 3.0, mis lubab autorile viidates teost reprodutseerida, levitada ja üldsusele suunata ning keelab luua tuletatud teost ja kasutada teost ärieesmärgil, kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.
3. Olen teadlik, et punktides 1 ja 2 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
4. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei riku ma teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse õigusaktidest tulenevaid õigusi.

*Rasmus Kont*

**01.06.2020**